



TESIS - EE185401

DETEKSI ONSET PADA SINYAL MUSIK GAMELAN BERDASARKAN SKALA MEL DAN BARK MENGUNAKAN ELMAN NEURAL NETWORKS

DIAN KARTIKA SARI
07111650050002

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr.Ir.Yoyon Kusnendar Suprpto. M.Sc.
Dr. Diah Puspito Wulandari. S.T.. M.Sc.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS MULTIMEDIA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



TESIS - EE185401

**DETEKSI ONSET PADA SINYAL MUSIK GAMELAN
BERDASARKAN SKALA MEL DAN BARK
MENGUNAKAN ELMAN NEURAL NETWORKS**

DIAN KARTIKA SARI
07111650050002

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr.Ir.Yoyon Kusnendar Suprpto. M.Sc.

Dr. Diah Puspito Wulandari. S.T.. M.Sc.

PROGRAM MAGISTER

BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS MULTIMEDIA

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

Dian Kartika Sari
NRP. 07111650050002

Tanggal Ujian : 21 Desember 2018
Periode Wisuda: Maret 2019

Disetujui oleh:

1. Prof.Dr.Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc. (Pembimbing I)
NIP: 195409251978031001

2. Dr. Diah Puspito Wulandari, S.T., M.Sc. (Pembimbing II)
NIP: 198012192005012001

3. Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc, Ph.D. (Penguji)
NIP: 196912091997031002

4. Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho ,S.T., M.T. (Penguji)
NIP: 197003131995121001

5. Reza Fuad Rachmadi, Ph.D (Penguji)
NIP: 198504032012121001



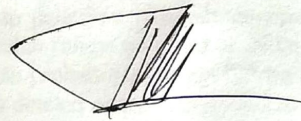
Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul **“DETEKSI ONSET PADA SINYAL MUSIK GAMELAN BERDASARKAN SKALA MEL DAN BARK MENGGUNAKAN ELMAN NEURAL NETWORKS DENGAN”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 19 Desember 2018



Dian Kartika Sari

07111650050002

Halaman ini sengaja dikosongkan

DETEKSI ONSET PADA SINYAL MUSIK GAMELAN BERDASARKAN SKALA MEL DAN BARK MENGGUNAKAN *ELMAN NEURAL NETWORKS*

Nama mahasiswa : Dian Kartika Sari
NRP : 07111650050002
Pembimbing : 1. Prof.Dr.Ir.Yoyon Kusnendar Suprpto.M.Sc.
2. Dr.Diah PuspitoWulandari. S.T.. M.Sc.

ABSTRAK

Deteksi onset berguna dalam sejumlah analisis dan teknik pengindeksan untuk sinyal musik. Tujuan dari deteksi onset adalah untuk menentukan waktu mulai sebuah nada atau kejadian baru dari sebuah sinyal. dalam hal ini pada rekaman musik gamelan. Variasi sinyal pada musik gamelan yang disebabkan oleh perbedaan gaya bermain. kekuatan pukulan dan proses pembuatan gamelan. membuat deteksi onset pada gamelan lebih sulit dilakukan apabila dibandingkan dengan musik Barat. Pada penelitian ini akan dilakukan proses deteksi onset menggunakan Elman Neural Network. Pembelajaran diawasi dengan pemberhentian dini yang diterapkan pada tahap pelatihan jaringan. Sampel yang mengandung onset diidentifikasi dengan mengolah fungsi unit output. Nilai fungsi aktivasi keluaran yang lebih tinggi menunjukkan probabilitas tinggi bahwa sampel tersebut adalah onset. Hasil kinerja dari proses deteksi onset menggunakan Elman Neural Network ini kemudian dibandingkan dengan menggunakan fitur yang berbeda yaitu fitur *Bark scale* dan *Mel scale*. Pengukuran performa kinerja menggunakan *F-Measure*, pada pengujian menggunakan skala Mel diperoleh rata-rata nilai F-measure pada pengujian data kelompok 1 mencapai 96.8% dan pada pengujian data kelompok 3 dengan nilai F-measure 91.4%. Pada pengujian menggunakan skala Bar, hasil lebih optimal diperoleh pada data kelompok 2 dengan nilai rata-rata F-measure 94.2%.

Kata kunci: *Onset Detection, Recurrent Neural Network, Elman, Bark Scale*

Halaman ini sengaja dikosongkan

ONSET DETECTION IN GAMELAN MUSIC SIGNALS BASED ON MEL SCALE AND BARK SCALE USING ELMAN NEURAL NETWORKS

By : Dian Kartika Sari
Student Identity Number: 07111650050002
Supervisor(s) : 1.Prof.Dr.Ir.YoyonKusnendarSuprpto.M.Sc.
2. Dr.Diah PuspitoWulandari. S.T.. M.Sc.

ABSTRACT

Onset detection is useful for analysis and indexing techniques for music signals. The purpose of onset detection is to determine when a tone or new event starts from a signal. in this case the recording of gamelan music. Signal variations in gamelan music caused by differences in playing style. punch strength and the process of making gamelan. making detection of onset in gamelan more difficult when compared to Western music. In this study, the onset detection process will be carried out using the Elman Neural Network. The learning process is supervised by early termination at the network training stage. Samples containing onset are identified by processing the output unit function. The value of the higher output activation function indicates a high probability that the sample is onset. The performance results from the onset detection process using the Elman Neural Network are then compared using different features, namely the Bark scale and Mel scale features. Measurement of performance using F-Measure, in the testing process using the Mel scale, obtained the average value of F-measure in testing group 1 data 96.8% and in the testing process data group 3 with a value of F-measure 91.4%. In the testing process using the Bar scale, more optimal results were obtained in group 2 data with an average value of F-measure 94.2%.

Keywords : *Onset Detection, Recurrent Neural Network, Elman, Bark Scale*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah. segala puji bagi Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bias menyelesaikan Tesis yang berjudul “Deteksi Onset pada Sinyal Musik Gamelan Berdasarkan Skala Mel dan Bark menggunakan *Elman Neural Networks*” sesuai dengan yang diharapkan. Pengerjaan Tesis ini merupakan suatu kesempatan yang sangat berharga bagi penulis. Karena dengan mengerjakan Tesis ini. penulis dapat mengimplementasikan apa yang telah didapatkan penulis selama menempuh perkuliahan Program Magister di Pascasarjana Teknik Elektro ITS. Penyelesaian buku Tesis ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan semua pihak. Oleh karenanya. penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT karena atas limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini dengan baik.
2. Ayah dan Ibu atas doa-doanya yang selalu ada untuk saya. adik saya Dimas. kakak sepupu tercinta Putri Wulandari yang selalu memberi motivasi. serta calon suami Achmad Fatoni yang selalu mendukung dan memberikan support. terima kasih atas semua usaha dan doanya.
3. Prof. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto. M.Sc. dan Dr. Diah Puspito Wulandari. S.T.. M.Sc. selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing. mengarahkan. memberi koreksi. dan motivasi dalam pengerjaan tesis ini.
4. Bapak/Ibu dosen pengajar di Program Studi Teknik Elektro. bidang keahlian Jaringan Cerdas Multimedia.
5. Semua rekan mahasiswa S2 Teknik Elektro bidang keahlian Jaringan Cerdas Multimedia. atas motivasi. semangat. dan doanya
6. Semua teman-teman Lab B201. khususnya Mas Wid. Mas Farid. Mas Amama. Mas Adi yang menjadi teman diskusi dan telah banyak mendukung saya dalam menyelesaikan tesis ini.

7. Teman-teman JCM 2016 khususnya Mambaus dan Iit yang menjadi teman berbagi suka duka selama perkuliahan.
8. Terima Kasih untuk Wina. sahabat yang selalu menemani jalan-jalan di kala suntuk dan terus memotivasi penulis untuk mengerjakan tesis ini.
9. Semua pihak yang telah banyak membantu proses penyelesaian tesis ini.

Sebagai manusia biasa, penulis menyadari bahwa Tesis ini masih jauh dari kata sempurna dan memiliki banyak kekurangan. Sehingga dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca.

Surabaya. 2 Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xxi
NOMENKLATUR.....	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Kontribusi.....	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kajian Penelitian Terkait.....	5
2.2 Teori Dasar.....	6
2.2.1 Sinyal.....	6
2.2.2 Macam-macam Sinyal.....	7
2.2.3 Pengolahan Sinyal Digital.....	8
2.2.4 Gamelan.....	9
2.2.5 Pembagian Area Sinyal Audio.....	11
2.2.6 Definisi Transient, Onset dan Attack.....	12
2.2.7 Deteksi Onset.....	14
2.2.8 Fast Fourier Transform.....	17
2.2.9 Short Time Fourier Transform.....	17
2.2.10 Spectral Flux.....	19
2.2.11 Neural Network.....	19
2.2.12 Model Neuron.....	22
2.2.13 Konsep Dasar Jaringan Syaraf Tiruan.....	23

2.2.14	Metode Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan	23
2.2.15	Elman Network.....	24
2.2.16	Vanishing Gradient Problem.....	25
2.2.17	F-Measure.....	26
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		29
3.1	Deteksi Onset Standar	29
3.2	Metode Penelitian	31
3.3	Tahap Preprocessing.....	32
3.4	Metode Spectral Flux	32
3.4	Metode Elman Network	33
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1	Data Percobaan	41
4.2	Tahap Preprocessing	42
4.2.1	STFT	42
4.2.2	Mel Frequency scale.....	44
4.3	Tahap Reduksi.....	45
4.4	Hasil dan Evaluasi pada pengujian menggunakan fitur Mel scale.....	47
4.4.1	Kinerja metode Elman pada lagu semi-sintesis kelompok 1	47
4.4.2	Kinerja metode Elman pada lagu semi-sintesis kelompok 2	56
4.4.3	Kinerja metode Elman pada lagu semi-sintesis kelompok 3.....	65
4.5	Hasil dan Evaluasi pada pengujian menggunakan fitur Bark scale.....	84
4.5.1	Kinerja metode Elman pada lagu semi-sintesis kelompok 1	84
4.5.2	Kinerja metode Elman pada lagu semi-sintesis kelompok 2	95
4.5.3	Kinerja metode Elman pada lagu semi-sintesis kelompok 3.....	105
4.6	Perbandingan hasil pengujian skala Mel dan skala Bark.....	121
4.6.1	Perbandingan hasil pengujian skala Mel dan Bark kelompok 1	122
4.6.2	Perbandingan hasil pengujian skala Mel dan Bark kelompok 2	123
4.6.3	Perbandingan hasil pengujian skala Mel dan Bark kelompok 3.....	124
4.7	Perbandingan hasil pengujian Elman dan Spectral flux.....	125
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		131

5.1 Kesimpulan	131
5.2 Saran	131
DAFTAR PUSTAKA.....	133
Lampiran	135

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok Diagram Sistem Pengolahan Sinyal Digital.....	8
Gambar 2.2 Instrumen Gamelan.....	9
Gambar 2.3 Pembagian area pada sinyal.....	11
Gambar 2.4 Representasi <i>transient</i> , <i>onset</i> dan <i>attack</i>	13
Gambar 2.5 Flowchart dari proses deteksi onset standar	15
Gambar 2.6 Model <i>neuron</i>	22
Gambar 2.7 <i>Vanishing Gradient Problem</i>	25
Gambar 3.1 Proses deteksi onset standar.....	29
Gambar 3.2 Proses deteksi onset berdasarkan metode yang digunakan.....	30
Gambar 3.3 Diagram Alir Metode Penelitian.....	31
Gambar 3.4 Proses deteksi onset <i>Elman Neural Network</i>	34
Gambar 3.5 Blok diagram pelatihan jaringan.....	36
Gambar 3.6 Blok diagram pengujian jaringan.....	37
Gambar 3.7 Struktur Elman Network.....	38
Gambar 4.1 Ilustrasi proses pembuatan lagu sintesis.....	41
Gambar 4.2 Sinyal yang dicuplik 1024 sample.....	42
Gambar 4.3 Window Hamming.....	42
Gambar 4.4 Hasil Windowing.....	43
Gambar 4.5 Hasil FFT (a) Magnitude (b) Fasa.....	43
Gambar 4.6 Representasi sinyal STFT.....	44
Gambar 4.7 Power Spectrogram sinyal STFT.....	44
Gambar 4.8 Tampilan Log Mel Spectrogram.....	45
Gambar 4.9 Output Jaringan.....	47
Gambar 4.10 Sinyal Asli.....	48
Gambar 4.11 Output jaringan.....	48
Gambar 4.12 Sinyal asli.....	49
Gambar 4.13 Ouput jaringan.....	50
Gambar 4.14 Sinyal Asli.....	51
Gambar 4.15 Output Jaringan.....	51
Gambar 4.16 Sinyal Asli.....	52
Gambar 4.17 Output Jaringan.....	53
Gambar 4.18 Sinyal Asli.....	54
Gambar 4.19 Output jaringan.....	54
Gambar 4.20 Sinyal asli.....	56
Gambar 4.21 Output Jaringan.....	56
Gambar 4.22 Sinyal Asli.....	57
Gambar 4.23 Output Jaringan.....	58
Gambar 4.24 Sinyal asli.....	59
Gambar 4.25 Output jaringan.....	59
Gambar 4.26 Sinyal Asli.....	60
Gambar 4.27 Output jaringan.....	60

Gambar 4.28 Sinyal Asli.....	61
Gambar 4.29 Output jaringan.....	62
Gambar 4.30 Sinyal Asli.....	63
Gambar 4.31 Output jaringan.....	63
Gambar 4.32 Sinyal Asli.....	65
Gambar 4.33 Output jaringan.....	65
Gambar 4.34 Sinyal Asli.....	67
Gambar 4.35 Output jaringan.....	67
Gambar 4.36 Sinyal Asli.....	68
Gambar 4.37 Output jaringan.....	68
Gambar 4.38 Sinyal Asli.....	70
Gambar 4.39 Output jaringan.....	70
Gambar 4.40 Sinyal Asli.....	71
Gambar 4.41 Output jaringan.....	71
Gambar 4.42 Sinyal Asli.....	73
Gambar 4.43 Output jaringan.....	73
Gambar 4.44 Sinyal Asli.....	74
Gambar 4.45 Output jaringan.....	74
Gambar 4.46 Sinyal Asli.....	76
Gambar 4.47 Output jaringan.....	76
Gambar 4.48 Sinyal Asli.....	77
Gambar 4.49 Output jaringan.....	77
Gambar 4.50 Sinyal Asli.....	79
Gambar 4.51 Output jaringan.....	79
Gambar 4.52 Sinyal Asli instrumen demung dan saron (interval antar grup onset 500 ms).....	82
Gambar 4.53 Output jaringan pada instrumen demung dan saron (interval antar grup onset 500 ms).....	83
Gambar 4.54 Sinyal Asli instrumen demung dan saron (interval antar grup onset 1000 ms).....	83
Gambar 4.55 Output jaringan pada instrumen demung dan saron (interval antar grup onset 1000 ms).....	83
Gambar 4.56 Sinyal Asli.....	84
Gambar 4.57 Output jaringan.....	84
Gambar 4.58 Sinyal Asli.....	86
Gambar 4.59 Output jaringan.....	86
Gambar 4.60 Sinyal Asli.....	87
Gambar 4.61 Output jaringan.....	87
Gambar 4.62 Sinyal Asli.....	89
Gambar 4.63 Output jaringan.....	89
Gambar 4.64 Sinyal Asli.....	90
Gambar 4.65 Output jaringan.....	90
Gambar 4.66 Sinyal Asli data x16 instrumen bonang.....	93
Gambar 4.67 Output jaringan instrumen bonang dengan skala Bark.....	93

Gambar 4.68 Output jaringan instrumen bonang dengan skala Mel.....	93
Gambar 4.69 Sinyal Peking.....	94
Gambar 4.70 Output jaringan instrumen peking dengan skala Bark.....	94
Gambar 4.71 Output jaringan instrumen peking dengan skala Mel.....	95
Gambar 4.72 Sinyal Asli.....	95
Gambar 4.73 Output jaringan.....	96
Gambar 4.74 Sinyal Asli.....	97
Gambar 4.75 Output jaringan.....	97
Gambar 4.76 Sinyal Asli.....	98
Gambar 4.77 Output jaringan.....	99
Gambar 4.78 Sinyal Asli.....	100
Gambar 4.79 Output jaringan.....	100
Gambar 4.80 Sinyal Asli.....	101
Gambar 4.81 Output jaringan.....	102
Gambar 4.82 Sinyal Asli.....	103
Gambar 4.83 Output jaringan.....	103
Gambar 4.84 Sinyal Asli.....	105
Gambar 4.85 Output jaringan.....	106
Gambar 4.86 Sinyal Asli.....	107
Gambar 4.87 Output jaringan.....	107
Gambar 4.88 Sinyal Asli.....	108
Gambar 4.89 Output jaringan.....	109
Gambar 4.90 Sinyal Asli.....	110
Gambar 4.91 Output jaringan.....	110
Gambar 4.92 Sinyal Asli.....	111
Gambar 4.93 Output jaringan.....	112
Gambar 4.94 Sinyal Asli.....	113
Gambar 4.95 Output jaringan.....	113
Gambar 4.96 Sinyal Asli.....	114
Gambar 4.97 Output jaringan.....	115
Gambar 4.98 Sinyal Asli.....	116
Gambar 4.99 Output jaringan.....	116
Gambar 4.100 Sinyal Asli.....	117
Gambar 4.101 Output jaringan.....	118
Gambar 4.102 Sinyal Asli.....	119
Gambar 4.103 Output jaringan.....	119
Gambar 4.104 Instrumen bonang pada data x47.....	128
Gambar 4.105 Instrumen bonang pada data x47.....	128
Gambar 4.106 Instrumen saron pada data x86.....	129
Gambar 4.107 Instrumen saron pada data x11.....	129

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tangga nada Pelog dan frekuensinya	10
Tabel 2.2 Tangga nada Slendro dan frekuensinya	11
Tabel 2.3 Confusion Matrix.....	26
Tabel 4.1 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	48
Tabel 4.2 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	50
Tabel 4.3 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	52
Tabel 4.4 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	53
Tabel 4.5 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	54
Tabel 4.6 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	55
Tabel 4.7 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	57
Tabel 4.8 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	58
Tabel 4.9 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	59
Tabel 4.10 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	61
Tabel 4.11 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	62
Tabel 4.12 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	63
Tabel 4.13 Kinerja Metode Elman pada lagu Semi-Sintesis dengan dua pukulan onset pada satu instrumen yang sama.....	64
Tabel 4.14 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	66
Tabel 4.15 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	67
Tabel 4.16 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	69
Tabel 4.17 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	70
Tabel 4.18 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	72
Tabel 4.19 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	73
Tabel 4.20 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	75
Tabel 4.21 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	76
Tabel 4.22 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	78
Tabel 4.23 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	79
Tabel 4.24 Kinerja Metode Elman pada kelompok data 3 dengan Dua Instrumen yang berbeda.....	80
Tabel 4.25 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	85
Tabel 4.26 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	86
Tabel 4.27 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	88
Tabel 4.28 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	89
Tabel 4.29 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	91
Tabel 4.30 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	91
Tabel 4.31 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	96
Tabel 4.32 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	97
Tabel 4.33 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	99
Tabel 4.34 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	100

Tabel 4.35 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	102
Tabel 4.36 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	103
Tabel 4.37 Kinerja Metode Elman Elman pada kelompok data 2.....	104
Tabel 4.38 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	106
Tabel 4.39 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	107
Tabel 4.40 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	109
Tabel 4.41 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	110
Tabel 4.42 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	112
Tabel 4.43 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	113
Tabel 4.44 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	115
Tabel 4.45 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	116
Tabel 4.46 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	118
Tabel 4.47 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen.....	119
Tabel 4.48 Kinerja Metode Elman pada lagu semi-sintesis dua instrumen.....	120
Tabel 4.49 Perbandingan kinerja pada fitur Mel dan Bark pada data kelompok 1.....	122
Tabel 4.50 Perbandingan kinerja pada fitur Mel dan Bark pada data kelompok 2	123
Tabel 4.51 Perbandingan kinerja pada fitur Mel dan Bark pada data kelompok 3	124
Tabel 4.52 Perbandingan Kinerja Metode Elman dengan Spectral flux.....	125

NOMENKLATUR

$x(t)$	= sinyal pada waktu t
FFT	= Fast Fourier Transform
STFT	= Short Time Fourier Transform
$X(n,k)$	= Sinyal hasil STFT sinyal masukan x untuk frame ke- n pada bin frekuensi ke $-k$
N	= Panjang window
h	= Hoplength
$H(x)$	= Fungsi Half Wave Rectifier untuk masukan gelombang x
BPTT	= Backpropagation Throuh Time
MSE	= Mean of Square Error
$S(n,k)$	= Spectral flux sinyal untuk frame ke- n pada bin frekuensi ke $-k$
$M(n,m)$	= Mel spectrogram
$D(m,n)$	= <i>positive first order diffrence</i> Mel spectrogram
X_c	= Context Units
Y_k	= Output Jaringan
$G(t)$	= Fungsi Deteksi Onset
F_s	= Frekuensi Sampling
Hz	= Gelombang per detik

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Deteksi onset dan penentuan lokasi onset sangat penting perannya bagi proses pengolahan sinyal musik terutama untuk proses segmentasi dan transkripsi musik atau proses menotasikan sinyal musik. Onset adalah salah satu fitur penting dalam sinyal audio yang banyak digunakan pada banyak aplikasi, seperti transkripsi musik, beat-tracking, speech recognition, fingerprinting musik, dll. Adanya fitur onset inilah yang menentukan permulaan ritme suatu musik sehingga pendengar musik bisa ikut menganggukkan kepala, bertepuk tangan, menghentakkan kaki dan menggerakkan badan sambil mendengarkan permainan musik.

Gamelan terdiri dari beberapa instrumen yang sebagian besar dapat dikelompokkan menjadi kelompok keluarga saron dan keluarga gong. Instrumen milik keluarga saron adalah saron, demung, dan peking; Sedangkan yang termasuk dalam keluarga gong adalah bonang, kenong, kempul, dan gong. Secara umum, deteksi onset musik pada gamelan lebih sulit dilakukan daripada alat musik Barat. Hal ini terjadi karena pada gamelan tidak ada parameter khusus untuk proses pembuatannya. Sehingga pembuatan gamelan hanya menggunakan metode tradisional yang menggandakan pengalaman dan perkiraan dari para ahli pembuat gamelan tanpa ada patokan notasi khusus seperti pembuatan alat musik Barat yang modern. Kemudian, gaya bermain dan kekuatan pukulan yang diterapkan pada instrumen gamelan juga menimbulkan beberapa variasi, misalnya kekuatan pukulan dan lokasi daerah yang diserang (tepi, tengah). Kondisi ini menginduksi variasi dalam hal frekuensi dasar, amplop sinyal, dan isi harmonis suara instrumen di antara rangkaian gamelan yang berbeda.

Karena beberapa kesulitan yang ditimbulkan oleh beberapa variasi tadi maka penting dilakukan penelitian untuk menentukan lokasi onset yang akurat dengan metode deteksi onset yang berbeda dari metode yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Ada banyak pendekatan yang berbeda untuk deteksi onset. Pada dasarnya metode deteksi onset mencakup tiga tahap, yaitu *pre-processing*,

reduction, dan *peak-picking*. Metode onset yang ada pada dasarnya melakukan variasi pada tiap tahapan pada proses onset. Pada penelitian ini penulis berfokus pada penggunaan metode deteksi onset menggunakan metode *Recurrent Neural Network* dengan menggunakan *Elman Network* untuk kemudian dibandingkan tingkat akurasi deteksi onsetsnya dengan menggunakan skala fitur yang berbeda, yaitu fitur dengan skala Mel dan fitur dengan skala Bark.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan deteksi onset yang akurat sehingga dapat digunakan sebagai acuan penjajakan ketukan pada proses transkripsi musik gamelan?
2. Bagaimana kinerja penentuan deteksi onset dengan menggunakan metode *Elman Recurrent Neural Network* apabila dibandingkan dengan menggunakan skala fitur yang berbeda, yaitu fitur dengan skala Mel dan fitur dengan skala Bark.?

1.3 Tujuan

Mendapatkan hasil deteksi onset sinyal musik gamelan yang akurat dengan menggunakan metode *Recurrent Neural Network*. Hasil deteksi onset menggunakan metode *Elman Recurrent Neural Network* akan dibandingkan kinerjanya pada dua skala yang berbeda yaitu fitur dengan skala Mel dan fitur dengan skala Bark.

1.4 Batasan Masalah

1. Metode yang digunakan adalah *Elman Network*
2. Data merupakan suara gamelan sintetik dalam format wav
3. Tingkat toleransi minimal yang digunakan adalah ± 20 ms dari lokasi ketukan yang sesungguhnya.
4. Ekstraksi fitur yang digunakan menggunakan metode *Short Time Fourier Transform*

1.5 Kontribusi

Kontribusi yang diharapkan dari hasil penelitian tesis ini adalah agar dapat membantu proses transkripsi musik gamelan dan juga dapat digunakan untuk mendeteksi akurasi ketukan gamelan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

Menemukan lokasi onset adalah bagian penting dari proses segmentasi dan transkripsi musik. Onset menandai awal dari sebuah sinyal akustik. Oleh karena diperlukan metode penentuan deteksi onset yang teliti. Pada bab ini akan dibahas pemahaman teori yang terkait dengan penelitian ini agar dapat memahami cara kerja dari deteksi onset.

2.1 Kajian Penelitian Terkait

Pada dasarnya metode deteksi onset mencakup tiga tahap, yaitu *pre-processing*, *reduction*, dan *peak-picking*. Pada tahap *pre-processing*, sinyal ditransformasikan menjadi domain yang menekankan fitur yang relevan. Tahap reduksi menghasilkan fungsi deteksi onset dan merupakan tahap yang membedakan metode dari yang lain. Berdasarkan penelitian (Bello, 2005) metode deteksi onset telah dikembangkan berdasarkan dua pendekatan yaitu *reduction* atau pengurangan berdasarkan fitur sinyal dan kedua berdasarkan model probabilitas. Pada pendekatan berdasarkan pengurangan fitur sinyal ini, fitur yang banyak digunakan adalah magnitudo *envelope* dan energi lokal. Selain itu juga digunakan beberapa fitur lainnya seperti frekuensi dan perbedaan spektral dan juga spektral fasa pada sinyal. Penelitian (Holzapfel, 2010), menggabungkan tiga fitur untuk deteksi onset instrumen nada, yaitu dengan menggunakan magnitudo spektral, kemiringan fasa, dan informasi pitch. Ketiga ciri atau fitur ini mendefinisikan ruang tiga dimensi. Dimensi ruang yang digunakan untuk deteksi onset dan pentingnya setiap dimensi (bobot) bergantung pada jenis sinyal musikal. Keputusan yang diambil dari model yang berbeda digabungkan ke satu fungsi keputusan tunggal.

Sedangkan pada penelitian (Eyben, 2010) menggunakan metode pendekatan berbasis *classifier* untuk deteksi onset. Metode yang digunakan adalah *Bidirectional Long Short Term Memory Recurrent Neural Network*. Metode ini menggunakan pembelajaran mesin untuk membangun fungsi reduksi. Jaringan

syaraf berulang dua arah dengan ingatan jangka pendek digunakan karena memiliki kemampuan untuk memetakan keseluruhan memori masukan sebelumnya serta konteks kejadian masa depan untuk keluaran jaringan. Pada penelitian ini sifat onset dan jumlah konteks yang relevan dipelajari dari kumpulan data yang digunakan untuk pelatihan. Data audio ditransformasikan ke domain frekuensi melalui dua STFT paralel dengan ukuran jendela yang berbeda. Spektrum magnitudo yang diperoleh dan perbedaan orde pertama digunakan sebagai masukan ke jaringan BLSTM. yang menghasilkan fungsi aktivasi onset pada outputnya.

Pada penelitian (Wulandari. 2012) digunakan metode jaringan syaraf tiruan menggunakan jaringan Elman untuk deteksi onset musik gamelan. Struktur jaringan Elman memberikan representasi waktu implisit dalam pengolahan yang sangat sesuai untuk metode deteksi onset . *Short-time Fourier Transform* (STFT) digunakan untuk mengubah sinyal menjadi domain frekuensi waktu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja sangat bergantung pada panjang window yang digunakan serta variasi yang terdapat pada sinyal.

Penelitian (Marchi.2014) menyempurnakan penelitian yang dilakukan oleh (Eyben.2010) menggunakan *Bidirectional* LSTM untuk melakukan deteksi onset dengan variasi jaringan berdasarkan jumlah lapisan tersembunyi dan ukurannya (yaitu jumlah unit LSTM untuk setiap lapisan). Variasi yang dibandingkan ada dua yaitu : variasi jaringan yang memiliki empat lapisan tersembunyi (dua untuk setiap arah) dengan masing-masing 40 unit LSTM. sedangkan variasi lainnya jaringan yang memiliki enam lapisan tersembunyi (tiga untuk setiap arah) dengan 20 unit LSTM. Pembelajaran yang diawasi dengan pemberhentian dini diterapkan pada tahap pelatihan jaringan. Bobot jaringan diperbarui secara rekursif dengan kemiringan gradien standar dengan backpropagation dari kesalahan output. Untuk mengklasifikasikan setiap sampel sebagai 'onset'.

2.2 Teori Dasar

2.2.1 Sinyal

Sinyal banyak dijumpai dalam keseharian kita seperti sinyal suara. musik. gambar. dan video. Selain itu. tekanan darah dan denyut jantung juga dapat

digolongkan sebagai sinyal. Sinyal didefinisikan sebagai kuantitas fisik yang membawa informasi atau pesan. Sinyal biasanya direpresentasikan secara matematik dalam bentuk fungsi satu atau lebih variabel. Sinyal yang hanya mempunyai satu variabel disebut sinyal satu dimensi (1-D). sebagai contoh adalah sinyal suara yang magnitudonya hanya tergantung pada satu variabel waktu. Untuk sinyal 1-D. variabel bebasnya biasanya adalah waktu. Sinyal dengan dua atau lebih variabel disebut sinyal multi dimensi (M-D). Sebagai contoh. sinyal gambar (*image*) merupakan fungsi dua variabel ruang (koordinat x dan y). Contoh lain adalah intensitas medan listrik yang dapat dinyatakan dalam variabel waktu dan ruang. Suatu sinyal mempunyai beberapa jenis informasi yang dapat diamati. misalnya magnitudo. frekuensi. perbedaan fase. dan gangguan akibat *noise*. Untuk mengamati informasi tersebut. dapat digunakan secara langsung dengan peralatan ukur elektronik seperti osciloskop. spektrum analyser. Peralatan tersebut bekerja dengan memanfaatkan model matematik dari sinyal tersebut.

2.2.2 Macam-macam Sinyal

Pada pembahasan ini akan dibatasi untuk sinyal satu dimensi yang bernilai tunggal. yaitu untuk satu waktu hanya terdapat satu nilai saja. baik riil maupun kompleks. Berbagai klasifikasi sinyal adalah sebagai berikut :

1. Sinyal waktu-kontinu. waktu-diskrit. analog dan digital

Sinyal waktu-kontinu adalah sinyal yang variabel bebasnya kontinu. terdefinisi pada setiap waktu. Sedangkan sinyal waktu-diskrit adalah sinyal yang variabel bebasnya diskrit. yaitu terdefinisi pada waktu-waktu tertentu dan merupakan suatu deretan angka (*sequence of numbers*).

Sinyal analog adalah sinyal waktu-kontinu dengan magnitudo yang kontinu. Contohnya adalah sinyal suara. Sinyal digital adalah sinyal waktu-diskrit dengan amplitudo bernilai diskrit yang digambarkan dalam jumlah digit yang terbatas. Contohnya adalah sinyal musik yang terdigitasi yang tersimpan dalam CD-ROM.

2. Sinyal genap dan sinyal ganjil

Sinyal waktu-kontinu $x(t)$ disebut sinyal genap, sesuai persamaan 2.1

$$x(-t) = x(t) \text{ untuk semua } t \quad (2.1)$$

Dan disebut sinyal ganjil, jika sesuai persamaan 2.2

$$x(-t) = -x(t) \text{ untuk semua } t \quad (2.2)$$

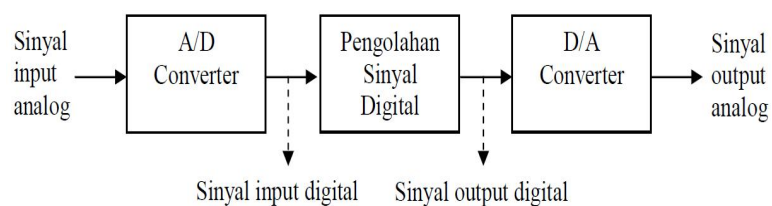
Contoh paling sederhana dari sinyal genap adalah sinyal kosinus dan untuk sinyal ganjil adalah sinyal sinus.

3. Sinyal deterministik dan sinyal acak

Sinyal deterministik didefinisikan sebagai sinyal yang dapat ditentukan melalui suatu proses tertentu seperti ekspresi matematis atau aturan tertentu. Sedangkan sinyal acak adalah sinyal yang dibangkitkan dengan cara acak dan tidak dapat diprediksi untuk waktu yang akan datang. Sinyal acak contohnya adalah sinyal *noise* dan sinyal EEG (*electroencephalogram*).

2.2.3 Pengolahan Sinyal Digital

Pengolahan sinyal merupakan suatu operasi matematik untuk mengolah atau memproses sinyal menjadi informasi yang berguna (data). Sinyal yang biasa ditemukan di alam kebanyakan merupakan sinyal analog sehingga diperlukan pengolahan sinyal analog menjadi sinyal digital untuk dapat memperoleh informasi tertentu dari sebuah sinyal. Proses pengolahan sinyal digital, diawali dengan proses pencuplikan sinyal masukan yang berupa sinyal kontinu. Proses ini mengubah representasi sinyal yang tadinya berupa sinyal kontinyu menjadi sinyal diskrit. Proses ini dilakukan oleh suatu unit ADC (*Analog to Digital Converter*) sesuai gambar 2.1.



Gambar 2.1 Blok Diagram Sistem Pengolahan Sinyal Digital (Wintarti. 2017)

Proses perubahan sinyal analog menjadi sinyal digital melalui suatu proses yang disebut sampling. Pada dasarnya sinyal analog (sinyal kontinu) disampling menggunakan sebuah sampler yang berupa saklar elektronik, dimana proses buka/tutup saklar elektronik ini dilakukan setiap selang waktu tertentu (T_s). Waktu tertentu ini dikenal dengan waktu sampling. Semakin kecil T_s maka semakin baik hasil samplingnya. Sinyal hasil sampling ini berupa sinyal diskrit yang kemudian akan mengalami proses kuantisasi dan digitalisasi menjadi kode-kode biner sehingga bisa disimpan dalam bentuk sinyal digital.

2.2.4 Gamelan

Gamelan merupakan salah satu instrumen musik tradisional Indonesia. Instrumen musik yang ada dalam set gamelan dimainkan secara serentak, seperti yang dijumpai pada sebuah orkestra yang terdiri dari banyak instrumen yang berbeda. Instrumen gamelan umumnya mempunyai unsur yang terbuat dari logam seperti perunggu, besi atau kuningan. Pembuatan gamelan sudah ada sejak jaman Hindu-Budha hingga Islam masuk ke Indonesia. Pembuat gamelan adalah para pande gending yang merupakan abdi dalem (para pembantu) raja (Wintarti. 2017). Bentuk fisik instrumen gamelan ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Instrumen gamelan (Wintarti. 2017)

Gamelan berasal dari kata ‘kamsya’ atau ‘kangsa’ yang berarti perunggu. karena pada awalnya gamelan dibuat dari perunggu. Instrumen gamelan terdiri dari 5 kelompok yaitu Gongan (Gong Ageng. Gong Suwukan. Kempul. Kenong. Kethuk dan Kempyang). Balungan (Saron Demung. Saron Barung. Saron Peking. Slenthem). Bonang (Bonang Barung. Bonang Penerus). Panerusan (Rebab. Gender Barung. Gender Panerus. Gambang. Siter. Suling) dan Kendhang (Kendhang Ageng. Kendhang Ciblon. Kendhang Sabet. Kendhang Ketipung. Pada permainan gamelan peralatan perkusif Balungan (demung. saron. dan peking) memainkan melodi dasar untuk peralatan gamelan yang lainnya. Saronn terdiri dari lima notasi sederhana : 1. 2 . 3. 5 dan 6. pentatonic. Garis bawah seperti 6 berarti oktaf lebih rendah. dan tanda apostrop seperti 1’ menunjukkan oktaf lebih tinggi. Instrument saron tidak memiliki notasi lebih rendah dari 6 dan lebih tinggi dr 3’.

Gamelan Jawa terdiri dari seperangkat instrumen musik yang mempunyai dua jenis standart nada dasar atau yang biasa disebut laras Slendro dan laras Pelog (Suprpto.2010). Beberapa musisi mengelompokkan not-not tersebut menjadi empat kelompok yang disebut Gatra (Gatra adalah kata dalam bahasa Jawa yang berarti “bentuk dasar atau garis besar”) . Slendro memiliki lima tingkat notasi sedangkan pelog memiliki tujuh tingkat notasi. Dalam penelitina ini difokuskan pada peralatan Balungan yang terdiri atas demung. saron. dan peking. Nada dasar pada peralatan instrumen gamelan Balungan yang terdiri atas Demung. Saron. dan Peking pada laras Slendro dan laras Pelog dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2.

Tabel 2.1 Tangga nada Pelog dan frekuensinya (Suprpto.2010)

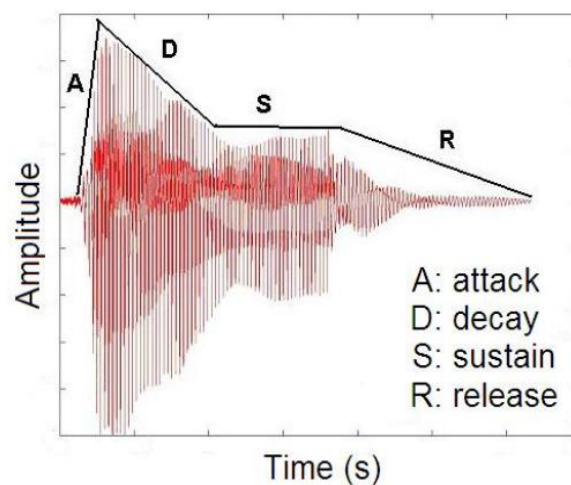
Notasi Pelog	Frekuensi Dasar (Hz)		
	Demung	Saron	Peking
1	301	639	1220
2	319	637	1296
3	347	798	1404
4	401	865	1651
5	433	925	1776
6	467	1009	1931
7	506	639	2108

Tabel 2.2 Tangga nada Slendro dan frekuensinya (Suprpto.2010)

Notasi Slendro	Frekuensi Dasar (Hz)		
	Demung	Saron	Peking
1	265	533	1080
2	304	613	1239
3	349	700	1421
5	402	801	1652
6	463	924	1931
1'	529	1073	2216
2'	612	1238	2589

2.2.5 Pembagian Area Sinyal Audio

Instrumen musik pada dasarnya membutuhkan sumber energi eksternal untuk menghasilkan suara. Semua instrumen musik akustik memiliki satu (atau lebih) metode untuk menerapkan energi mekanis ke sistem agar dapat menghasilkan suara. yang disebut metode eksitasi. Biola memiliki senar yang dipetik untuk dapat menghasilkan suara. Instrumen gamelan memiliki bilah-bilah logam yang dipukul untuk dapat menghasilkan alunan suara musik. Metode eksitasi yang diterapkan pada instrumen musik inilah yang menyebabkan terjadinya perubahan magnitudo yang akhirnya akan menghasilkan sebuah suara. Perubahan magnitudo pada sinyal dapat direpresentasikan sebagai *envelope* sinyal. Menurut (Caetano.2010) . *envelope* sinyal ini dibagi menjadi empat area yang disebut *attack*, *decay*, *sustain* dan *release* yang ditunjukkan pada gambar 2.3.



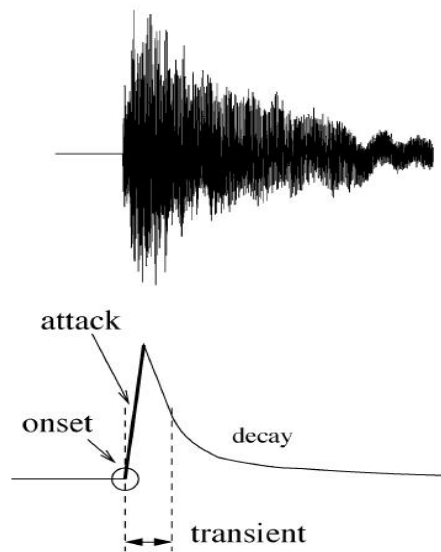
Gambar 2.3 Pembagian area pada sinyal (Caetano.2010)

Masing-masing area didefinisikan sebagai berikut :

1. Area *attack*. Area ini berhubungan dengan eksitasi awal dari sebuah instrumen. terlepas dari mode eksitasi yang digunakan. Permulaan dari area *attack* dicirikan dengan transisi antara tidak adanya nada (atau keadaan *background noise*) dengan sebuah nada baru atau kejadian baru. Titik permulaan transisi inilah yang disebut onset. Akhir dari daerah *serangan* terjadi sebelum resonansi.
2. Area *decay*. Area ini berkaitan dengan penurunan energi setelah terjadinya *attack*. Pada area ini terjadi perubahan magnitudo dari suara instrumen yang terus meluruh dari pola eksitasi sebelumnya hingga mencapai level magnitudo yang kurang lebih konstan.
3. Area *sustain*. Area ini biasanya dicirikan dengan wilayah dimana instrumen musik tereksitasi oleh energi eksternal secara konstan. Hal ini biasanya dikenali dari representasi magnitudo yang cenderung konstan.
4. Area *release*. Area ini bersesuaian dengan pelepasan eksitasi pada instrumen dimana energi berhenti disuplai.

2.2.6 Definisi *Transient*, *Onset* dan *Attack*

Permasalahan utama sebelum mempelajari tentang deteksi onset adalah memahami definisi-definisi khusus seperti definisi dari *transient*, *onset* dan *attack* yang berhubungan dengan deteksi onset beserta perbedaan dari masing-masing istilah tersebut. Penjelasan dari perbedaan masing-masing istilah ini penting agar dapat lebih memahami perbedaan kebutuhan dan aplikasi dari beberapa pendekatan yang dipakai dalam penentuan deteksi onset. Untuk lebih memahami definisi *transient*, *onset* dan *attack* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Representasi *transient*, *onset* dan *attack* (Bello. 2005)

Berikut definisi dari *transient*, *onset* dan *attack* pada sebuah sinyal.

- *Attack*

Yang dimaksud dengan *attack* pada sebuah nada adalah interval waktu dimana magnitudo *envelope* dari sebuah sinyal secara mendadak mengalami peningkatan.

- *Transient*

Konsep *transient* lebih sulit dideskripsikan secara akurat daripada konsep adanya *attack*. Sebagai definisi awal, transien adalah interval pendek dimana sinyal mengalami perubahan dengan cepat secara tidak terduga. Dalam kasus instrumen musik, *transient* sering didefinisikan sebagai periode dimana eksitasi diterapkan dan kemudian teredam secara mendadak, dan hanya menyisakan daerah peluruhan lambat pada frekuensi resonansi sinyal. Inti dari permasalahan saat periode *transient* ini terjadi adalah masalah penentuan resolusi waktu yang akurat, sehingga diasumsikan bahwa telinga manusia tidak bisa membedakan antara dua *transient* yang terpisah kurang dari 10 ms. Daerah *release* atau *offset* dari sebuah sinyal suara juga bisa dianggap sebagai periode *transient*.

- *Onset*

Yang dimaksud dengan *onset* pada sebuah nada adalah sebuah permulaan dari sebuah nada atau kejadian terjadi. yang menandai awal mula terjadinya sebuah daerah *transient* atau dalam kebanyakan kasus didefinisikan sebagai waktu awal dimana daerah *transient* terdeteksi.

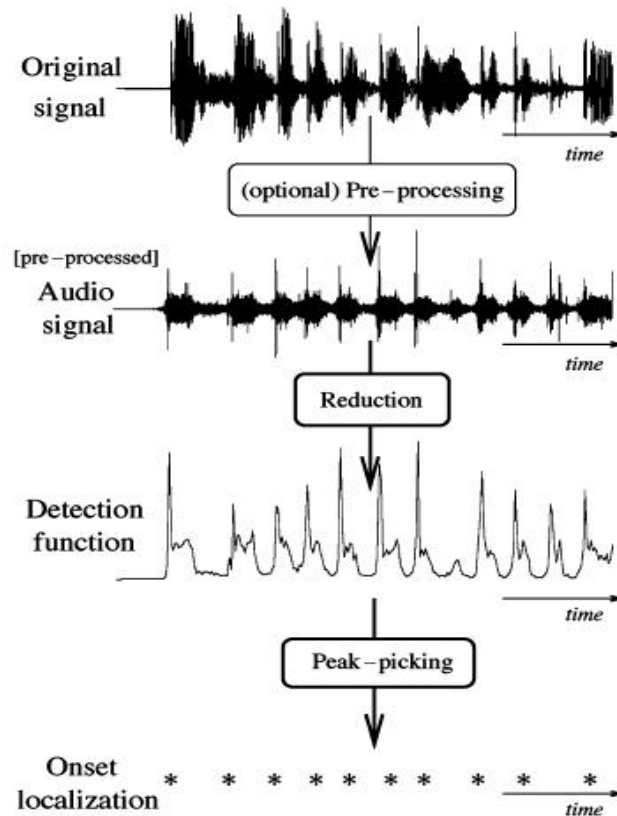
2.2.7 Deteksi Onset

Deteksi onset berguna dalam sejumlah analisis dan teknik pengindeksan untuk sinyal musik. Tujuan dari deteksi onset adalah untuk menentukan waktu mulai sebuah nada atau kejadian baru dari sebuah sinyal dalam hal ini pada rekaman musik Gamelan. Ide umum yang digunakan dalam melakukan pendeteksian onset adalah dengan cara menangkap perubahan mendadak yang terjadi dalam sebuah sinyal musik. Cara yang biasa dilakukan untuk mendeteksi onset adalah dengan mencari daerah "*transient*" dalam sinyal. yang mengarah pada banyak definisi seperti: daerah dimana terjadi perubahan energi secara tiba-tiba. sebuah perubahan di *short-time* spektrum pada sinyal atau perubahan properti statistik sinyal. dan lain sebagainya. Pada proses deteksi onset standar. tahapan proses dari deteksi onset ini dibagi menjadi tiga tahapan. yaitu tahapan *preprocessing*, *reduction* dan *peak-picking*. Masing-masing tahapan didefinisikan seperti berikut :

- Tahap *preprocessing*

Konsep *preprocessing* menyiratkan transformasi sinyal asli untuk menonjolkan atau menipiskan berbagai aspek sinyal sesuai relevansinya dengan deteksi onset. Tahapan ini merupakan tahapan optional dalam melakukan pendeteksian onset. Ada sejumlah perlakuan berbeda yang bisa diaplikasikan pada sinyal musik agar memudahkan pendeteksian onset. Proses yang umumnya digunakan dan relevan dengan skema deteksi onset adalah : memisahkan sinyal ke beberapa pita frekuensi. dan pemisahan daerah *transient/steadystate*.

Flowchart dari proses *preprocessing* pada deteksi onset dapat dilihat dari gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 *Flowchart* dari proses deteksi onset standar (Bello. 2005)

- Tahap *reduction*

Dalam konteks deteksi onset, konsep reduksi mengacu pada proses mentransformasikan sinyal audio menjadi sebuah fungsi deteksi yang merepresentasikan terjadinya transien pada sinyal asli. Tahap ini adalah proses kunci dalam skema deteksi onset. Penelitian (Bello. 2005) membagi metode *reduction* dalam dua kelompok: metode berdasarkan penggunaan fitur sinyal yang telah ditentukan secara eksplisit (seperti amplitudo sinyal, fase dan perubahan frekuensi) dan metode berdasarkan model probabilistik sinyal.

- Tahap *peak-picking*

Tahapan ini adalah tahap terakhir setelah fungsi deteksi terbentuk dan puncak-puncak sinyal mulai terlihat. Pada tahap ini dilakukan proses normalisasi terlebih dahulu sehingga memudahkan proses *peak-picking* atau pemilihan puncak. Proses *peak-picking* mengidentifikasi lokasi *local maxima* (biasa disebut *peak*) dari sinyal.

Berdasarkan penjelasan beberapa tahapan proses deteksi onset yang telah dijelaskan sebelumnya, metode penentuan deteksi onset dapat dibagi menjadi tiga pendekatan yang berbeda, yaitu :

a) Deteksi onset berbasis fitur

Pada deteksi onset berbasis fitur ini, lokasi puncak onset dihitung dengan mengukur adanya perubahan mendadak pada konten energi, frekuensi atau fase dari sebuah sinyal musik. Metode ini menerapkan suatu nilai ambang batas yang digunakan untuk memutuskan apakah sebuah puncak merupakan onset atau tidak berdasarkan ketinggiannya. Oleh karena itu, masing-masing puncak hanya dievaluasi secara individu tanpa mempertimbangkan hubungan temporal yang potensial dengan puncak lainnya.

b) Deteksi onset berbasis model probabilistik

Metode statistik untuk deteksi onset didasarkan pada asumsi bahwa sinyal dapat digambarkan oleh beberapa model probabilitas. Sebuah sistem kemudian dapat dibangun yang membuat kesimpulan probabilistik tentang kemungkinan perubahan tiba-tiba dalam sinyal, mengingat pengamatan yang ada. Keberhasilan pendekatan ini bergantung pada kedekatan kecocokan antara model asumsi, yaitu distribusi probabilitas yang digambarkan oleh model, dan distribusi data "sebenarnya", dan dapat dihitung dengan menggunakan ukuran yang mungkin atau kriteria pemilihan model Bayesian.

c) Deteksi onset berbasis *machine learning*

Pada deteksi onset berbasis *machine learning*, digunakan sebuah jaringan syaraf tiruan yang dilatih pada serangkaian fitur spektogram dan jejak tempo

untuk mengenali awal nada. Namun, metode ini membutuhkan database yang besar untuk melakukan pembelajaran berbagai jenis onset yang berbeda.

2.2.8 *Fast Fourier Transform*

Dalam pertengahan tahun 1960, J. W. Cooley dan J. W. Tukey, berhasil merumuskan suatu teknik perhitungan Fourier Transform yang efisien. Teknik perhitungan ini dikenal dengan sebutan *Fast Fourier Transform* atau lebih populer dengan istilah FFT. *Fast Fourier Transform* (FFT) adalah suatu algoritma yang digunakan untuk merepresentasikan sinyal dalam domain waktu diskrit dan domain frekuensi. Kebalikan dari *Fast Fourier Transform* (FFT) adalah *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT). *Fast Fourier Transform* (FFT) menjadi penting untuk bermacam – macam aplikasi, dari pengolahan sinyal digital dan memecahkan persamaan diferensial parsial menjadi algoritma - algoritma untuk penggandaan bilangan *integer* dalam jumlah yang banyak. Dua kelas dasar dari algoritma FFT adalah *decimation-in-time* (DIT) dan *decimation-in-frequency* (DIF). Istilah *fast* digunakan karena formulasi FFT ini jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode perhitungan *fourier transform* sebelumnya. Teknik FFT memerlukan sekitar 10000 operasi matematik untuk data dengan 1000 observasi, yaitu 100 kali lebih cepat dibandingkan dengan teknik perhitungan sebelumnya. Dengan penemuan FFT ini dan perkembangan *personal computer*, teknik FFT dalam analisa data menjadi populer, dan merupakan salah satu metode baku dalam analisa data.

2.2.9 *Short Time Fourier Transform (STFT)*

Teknik representasi sinyal sering dipakai dalam pengolahan sinyal audio untuk mendeskripsikan perubahan energy pada domain waktu dan frekuensi adalah *Short Time Fourier Transform (STFT)*. Proses STFT merupakan penerapan dari *Discrete Fourier transform (DFT)* yang dilakukan secara berututan pada sinyal audio diskrit. Sedangkan DFT sendiri berfungsi untuk mendapatkan komponen-komponen frekuensi dari sebuah sinyal diskrit sesuai persamaan 2.3..

$$X(k) = \sum_{m=1}^N x(m) e^{-\frac{j2\pi mk}{N}} \quad (2.3)$$

Dengan $X(k)$ adalah hasil DFT sinyal masukan X pada bin frekuensi ke k dengan panjang jendela transformasi Fourier N .

Langkah awal STFT adalah membagi sinyal audio menjadi beberapa frame waktu dengan panjang satu frame sama dengan panjang jendela N . Kemudian pada tiap frame tersebut dilakukan proses DFT sehingga didapatkan spectrum X yang berubah terhadap waktu dan dihasilkan sinyal STFT $X(n,k)$. Agar hasil perubahan spectrum lebih halus, digunakan metode overlap STFT yaitu mengatur jarak antara frame pertama dengan frame berikutnya (yang disebut dengan *hop size* h). diatur sedemikian rupa sehingga frame-frame tersebut saling overlap satu sama lain dengan nilai $h < N$. Perhitungan overlap STFT ditunjukkan oleh persamaan 2.4.

$$X(n,k) = \sum_{m=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}-1} x(hn + m) e^{-\frac{j2\pi mk}{N}} \quad (2.4)$$

Dimana $X(n,k)$ merupakan hasil STFT sinyal masukan x untuk frame ke- n pada bin frekuensi ke $-k$

Penggunaan overlap STFT juga memungkinkan terjadinya perubahan temporal sinyal sehingga perubahan mendadak pada spectrum sinyal masih dapat terdeteksi. Dengan demikian resolusi waktu hasil STFT menjadi lebih baik. Cara ini cocok untuk digunakan pada pengamatan sinyal suara akustik seperti rekaman real time musik, karena spectrum akustik berubah dari waktu ke waktu. Jika proses STFT diterapkan pada sinyal audio yg mempunyai frekuensi sampling $F_s = 48000$ Hz dan digunakan panjang jendela $N=1024$, maka panjang tiap frame waktu adalah 21.3 ms dan resolusi frekuensi yg didapat adalah 46.8 Hz. Ketika

hop zise $h=480$ maka resolusi waktu yg dimiliki adalah 10 ms dan proses STFT dilakukan dengan overlap sebesar 53.3%.

2.2.10 Spectral Flux

Metode spectral flux didasarkan pada deteksi perubahan tiba-tiba energi postif dalam sinyal yg menunjukkan bagian dari sebuah *attack* kejadian baru. Metode spectral flux mengukur perubahan dalam besarnya energi di setiap bin frekuensi dan kemudian dijumlahkan sehingga memberikan fungsi deteksi onset yg dituliskan dengan persamaan 2.5 dan 2.6 (Hopzafel.2010).

$$FS_{L1}(n) = \sum_k H(|X(n,k)| - |X(n-1,k)|) \quad (2.5)$$

$$FS_{L2}(n) = \sum_k \{H(|X(n,k)| - |X(n-1,k)|)\}^2 \quad (2.6)$$

Dengan $H(x) = \frac{x+|x|}{2}$ adalah fungsi penyearah setengah gelombang dan $X(n,k)$ adalah hasil proses STFT dari sinyal masukan x pada tiap frame ke- n di bin frekuensi ke- k . Berdasarkan percobaan-percobaan empiris diketahui bahwa fungsi L1-norm pada persamaan 2.5 lebih unggul dari L2-norm pada persamaan 2.6.

2.2.11 Neural Network

Neural Network atau Jaringan Saraf Tiruan merupakan paradigma pemrosesan suatu informasi yang terinspirasi oleh sistem sel saraf biologi. Jaringan Saraf Tiruan (JST) dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan saraf biologi. dengan asumsi bahwa :

1. Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (neuron).
2. Sinyal dikirimkan diantara neuron-neuron melalui penghubung-penghubung.
3. Penghubung antar neuron memiliki bobot yang akan memperkuat atau melemahkan sinyal.
4. Untuk menentukan keluaran. setiap neuron menggunakan fungsi aktifasi (biasanya bukan fungsi linier) yang dikenakan pada jumlahan masukan

yang diterima. Besarnya keluaran ini selanjutnya dibandingkan dengan suatu batas ambang.

Neuron biologi merupakan sistem yang “*fault tolerant*” dalam dua hal. Pertama, manusia dapat mengenali sinyal masukan yang agak berbeda dari yang pernah diterima sebelumnya. Sebagai contoh, manusia sering dapat mengenali seseorang yang wajahnya pernah dilihat dari foto atau dapat mengenali seseorang yang wajahnya agak berbeda karena sudah lama tidak menjumpainya. Kedua, tetap mampu bekerja dengan baik. Jika sebuah *neuron* rusak, *neuron* lain dapat dilatih untuk menggantikan fungsi *neuron* yang rusak tersebut.

Hal yang ingin dicapai dengan melatih JST adalah untuk mencapai keseimbangan antara kemampuan memorisasi dan generalisasi. Yang dimaksud kemampuan memorisasi adalah kemampuan JST untuk mengambil kembali secara sempurna sebuah pola yang telah dipelajari. Kemampuan generalisasi adalah kemampuan JST untuk menghasilkan respon yang bisa diterima terhadap pola-pola yang sebelumnya telah dipelajari. Hal ini sangat bermanfaat bila pada suatu saat ke dalam JST itu dimasukkan informasi baru yang belum pernah dipelajari, maka JST itu masih akan tetap dapat memberikan tanggapan yang baik, memberikan keluaran yang mendekati.

Jaringan saraf tiruan menyerupai otak manusia dalam dua hal, yaitu :

1. Pengetahuan diperoleh jaringan melalui proses belajar.
2. Kekuatan hubungan antar sel saraf (*neuron*) yang dikenal sebagai bobot-bobot sinaptik digunakan untuk menyimpan pengetahuan.

Jaringan saraf tiruan ditentukan oleh tiga hal, yaitu :

1. Pola hubungan antar *neuron* (disebut arsitektur jaringan).
2. Metode untuk menentukan bobot penghubung (disebut metode *training/learning*).
3. Fungsi aktivasi, yaitu fungsi yang digunakan untuk menentukan keluaran suatu *neuron*.

Pada proses pelatihan JST beberapa parameter yang sangat berpengaruh diantaranya sebagai berikut :

1. Algoritma Training

Algoritma trining yang digunakan ada bermacam-macam yg sering digunakan untuk *Feedforward Neural Network (FNN)* adalah *Backpropagation* dan untuk *Recurrent Neural Network* pada penelitian ini adalah *Backpropagation Throuh Time (BPTT)*. Algortima training akan menentukan bagus tidaknya hasil ramalan serta kecepatan dalam mencapai kekonvergenan

2. Penentuan bobot dan bias awal.

Bobot awal umumnya diambil secara acak dengan angka jangkauan yang sudah ditentukan. Pemilihan bobot dan bias awal berpengaruh terhadap output yang dihasilkan.

3. Laju pembelajaran (*Learning rate*).

Nilai parameter ini ada dalam rentang nilai 0 sampai 1. Semakin besar nilainya. semakin cepat selesai proses pelatihannya namun semakin lebih mudah terjebak pada daerah local optima. Jika terlalu kecil. proses pelatihan akan semakin lama tetapi lebih menjamin hasil model jaringan yang lebih baik.

4. Koefisien Momentum.

Jika nilainya kecil. maka proses pelatihan berlangsung lama namun tidak menjamin hasil yang lebih baik. Biasanya penambahan momentum berfungsi untuk mempercepat proses pencapaian target error tetapi dengan learning rate yang kecil. Nilai momentum yang dipakai adalah antara 0 sampai 1.

5. Jumlah iterasi (*Training function*).

Jika kriteria error hanya menggunakan SSE atau MSE. pada data yang sangat tidak linear sulit dicapai sehingga menggunakan jumlah maksimal iterasi. Jika jumlah maksimal iterasi sudah tercapai meskipun target error belum dicapai. proses pelatihan akan tetap dihentikan.

6. Target error

Merupakan akumulasi selisih nilai antara nilai keluaran yang diharapkan dengan nilai keluaran yang didapatkan. Kriteria yang umum yang digunakan adalah *Sum of Square Error (SSE)* atau *Mean of Square Error (MSE)*. Nilai yang umum digunakan adalah 0.001 atau 0.0001.

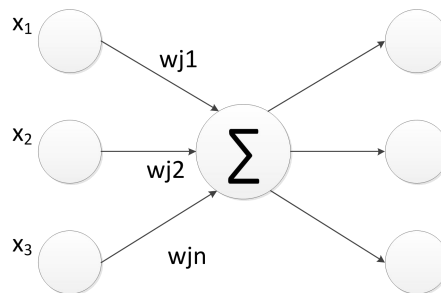
7. *Hidden Layer*

Jumlah neuron dalam layer tersembunyi (hidden layer) biasanya ditentukan dengan cara jumlah input ditambahkan jumlah output dibagi 2. umumnya jumlah hidden layer lebih banyak dari pada jumlah output layer.

8. Fungsi aktivasi

Fungsi aktivasi yang digunakan untuk menentukan apakah sinyal dari input neuron akan diteruskan ke neuron lain atau tidak. Fungsi aktivasi yang dipakai pada penelitian ini yaitu sigmoid

2.2.12 Model Neuron



Gambar 2.6 Model *neuron*

Satu sel saraf terdiri dari 3 bagian. yaitu : fungsi penjumlahan (*summing function*). fungsi aktifasi (*activation function*). dan keluaran (output). Jika dilihat. neuron buatan pada gambar 2.6 mirip dengan sel neuron biologis. Informasi (masukan) akan dikirim ke neuron dengan bobot tertentu. Masukan ini akan diproses oleh suatu fungsi yang akan menjumlahkan nilai-nilai bobot yang ada. Hasil penjumlahan kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktifasi setiap neuron. Apabila masukan tersebut melewati suatu nilai ambang tertentu. maka neuron tersebut akan mengirimkan keluaran melalui bobot-bobot keluarannya ke semua neuron yang berhubungan dengannya.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa neuron terdeiri dari tiga elemen pembentuk. yaitu :

1. Himpunan unit-unit yang dihubungkan dengan jalur koneksi. Jalur-jalur tersebut memiliki bobot yang berbeda-beda. Bobot yang bernilai positif akan memperkuat sinyal dan yang bernilai negatif akan memperlemah sinyal yang dibawa. Jumlah, struktur, dan pola hubungan antar unit-unit tersebut akan menentukan arsitektur jaringan.
2. Suatu unit penjumlahan yang akan menjumlahkan masukan-masukan sinyal yang sudah dikalikan dengan bobotnya.
3. Fungsi aktivasi yang akan menentukan apakah sinyal dari masukan neuron akan diteruskan ke neuron lain atau tidak.

2.2.13 Konsep Dasar Jaringan Saraf Tiruan

Setiap pola informasi masukan dan keluaran yang diberikan ke dalam jaringan saraf tiruan diproses dalam *neuron*. *Neuron-neuron* tersebut terkumpul di dalam lapisan-lapisan yang disebut *neuron layers*. Lapisan-lapisan penyusun jaringan saraf tiruan tersebut dapat dibagi menjadi 3, yaitu :

1. Lapisan masukan
Unit-unit di dalam lapisan masukan disebut unit-unit masukan. Unit-unit masukan tersebut menerima pola masukan data dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan.
2. Lapisan tersembunyi
Unit-unit di dalam lapisan tersembunyi disebut unit-unit tersembunyi, dimana keluarannya tidak dapat secara langsung diamati.
3. Lapisan keluaran
Unit-unit di dalam lapisan keluaran disebut unit-unit keluaran. Keluaran dari lapisan ini merupakan solusi jaringan saraf tiruan terhadap suatu permasalahan.

2.2.14 Metode Pembelajaran Jaringan Saraf Tiruan

Cara berlangsungnya pembelajaran atau pelatihan jaringan saraf tiruan dikelompokkan menjadi tiga yaitu :

1. *Supervised Learning* (Pembelajaran terawasi)

Pada metode ini, setiap pola yang diberikan ke dalam jaringan saraf tiruan telah diketahui keluarannya. Selisih antara pola keluaran aktual (keluaran yang dihasilkan) dengan pola keluaran yang dikehendaki (target keluaran) yang disebut *error* digunakan untuk mengoreksi bobot jaringan saraf tiruan sehingga jaringan saraf tiruan mampu menghasilkan keluaran sedekat mungkin dengan pola target yang telah diketahui oleh jaringan saraf tiruan. Contoh algoritma jaringan saraf tiruan yang menggunakan metode ini adalah *Hebbian*, *Perceptron*, *ADALINE*, *Boltzman*, *Hopfield*, *Backpropagation*.

2. *Unsupervised Learning* (Pembelajaran tak terawasi)

Metode ini tidak memerlukan target keluaran. Pada metode ini hasil tidak dapat ditentukan seperti apakah yang diharapkan selama proses pembelajaran. Selama proses pembelajaran, nilai bobot disusun dalam suatu *range* tertentu tergantung pada nilai masukan yang diberikan. Tujuan pembelajaran ini adalah mengelompokkan unit-unit yang hampir sama dalam suatu area tertentu. Pembelajaran ini biasanya sangat cocok untuk klasifikasi pola. Contoh algoritma jaringan saraf tiruan yang menggunakan metode ini adalah *Competitive*, *Hebbian*, *Kohonen*, *LVQ*, *Neocognitron*.

3. *Hybird Learning* (Pembelajaran hibrida)

Merupakan kombinasi dari metode pembelajaran *Supervised Learning* dan *Unsupervised Learning*. Sebagian dari bobot-bobotnya ditentukan melalui *Unsupervised Learning*, sebagian dari bobot-bobotnya ditentukan melalui pembelajaran terawasi dan sebagian lainnya melalui pembelajaran tak terawasi. Contoh algoritma jaringan saraf tiruan yang menggunakan metode ini adalah algoritma RBF.

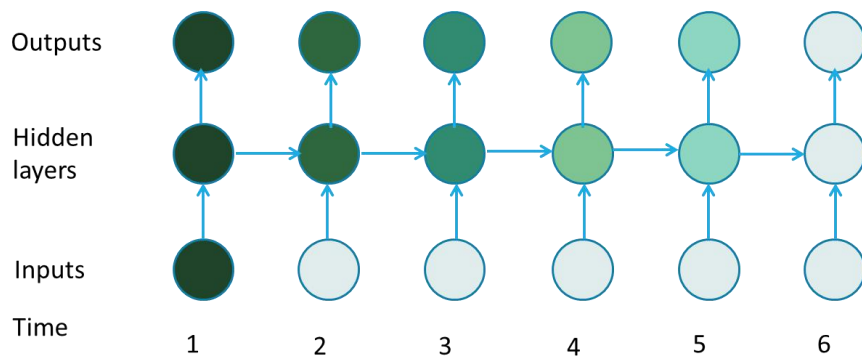
2.2.15 Elman Neural Networks

Bentuk jaringan saraf tiruan yang paling umum digunakan adalah *Multilayer Perceptron (MLP)*. Ini terdiri dari minimal tiga lapisan, satu lapisan masukan, satu atau beberapa lapisan tersembunyi, dan lapisan keluaran. Semua

koneksi memberi umpan maju dari satu lapisan ke lapisan berikutnya tanpa koneksi ke belakang. MLP mengklasifikasikan semua frame input secara independen. Menurut (Eyben,2010) teknik lain untuk mengenalkan konteks masa lalu ke jaringan syaraf tiruan adalah dengan menambahkan koneksi *backward (cyclic)* ke sebuah jaringan MLP. Jaringan yang dihasilkan disebut *Recurrent Neural Networks*. Elman Networks adalah salah satu bentuk Jaringan Syaraf Tiruan yang berulang atau *Recurrent Neural Network*, yang memiliki koneksi dari lapisan tersembunyi kembali ke sebuah lapisan salinan khusus. Ini berarti bahwa fungsi yang dipelajari oleh jaringan dapat didasarkan pada input saat ini ditambah dengan catatan keadaan dan keluaran sebelumnya dari jaringan. Lapisan penyalinan khusus (*context layer*) diperlakukan sama sebagai seperangkat input lainnya dan teknik pembelajaran backpropagasi dapat digunakan pada jaringan ini (Wulandari.2012). Elman secara teoritis dapat memetakan dari keseluruhan *history* masukan sebelumnya ke setiap keluaran. Sambungan rekuren akan membentuk semacam memori, yang memungkinkan nilai masukan bertahan di lapisan tersembunyi dan mempengaruhi keluaran jaringan di masa depan. Elman merupakan *simple recurrent neural network* yang terdiri dari satu *input layer*, satu *hidden layer* dan satu *output layer*.

2.2.16 Vanishing Gradient Problem

Vanishing Gradient Problem mengacu pada perilaku, ketika sensitivitas jaringan menurun secara eksponensial seiring waktu ketika input baru menimpa aktivasi unit tersembunyi sehingga jaringan 'melupakan' input pertama. Elman network sebagai recurrent neural network, secara umum menghadapi masalah gradien menghilang ketika berhadapan dengan jeda waktu yang lama antara input yang relevan (onset dalam kasus ini). Sehingga tidak mungkin bagi model untuk mempelajari korelasi antara kejadian sementara waktu. Akibatnya Elman network mungkin mengalami kesulitan dalam mempelajari jaringan, sehingga semakin lama pelatihan jaringan dilakukan, semakin rendah gradien yang dihasilkan dan semakin sulit untuk melatih bobot, yang memiliki efek domino pada semua bobot selanjutnya di seluruh jaringan. Ilustrasi *vanishing gradient problem* ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Vanishing Gradient Problem

2.2.17 *F-Measure*

F-Measure merupakan parameter pengukuran tingkat keberhasilan yang dapat diperoleh dari rata-rata harmonik nilai precision dan recall. Perhitungan precision dan recall dapat dilakukan dengan memanfaatkan confusion matrix. Confusion matrix ditunjukkan pada tabel 2.3 yang menghasilkan empat nilai karakteristik yaitu *True Positive (TP)*, *False Positive (FP)*, *False Negative (FN)* dan *True Negative (TN)*. *True positive (TP)* menunjukkan onset yang teridentifikasi secara tepat sebagai onset. Untuk melakukan evaluasi kinerja metode deteksi onset, dilakukan perbandingan dengan referensi anotasi onset. Jika terdeteksi adanya onset pada rentang jendela waktu yang ditentukan, maka akan dideteksi sebagai onset atau *True Positive* (R. Zhou, 2007). *False positive (FP)* menunjukkan pola sinyal bukan onset yang terdeteksi sebagai onset. *True negative (TN)* menunjukkan pola sinyal bukan onset yang terdeteksi secara benar sebagai bukan onset. *False negative (FN)* menunjukkan jumlah onset yang tidak terdeteksi sebagai onset.

Tabel 2.3. Confusion Matrix

Confusion Matrix		Kelas Prediksi	
		Ya (+)	Tidak(-)
Kelas Aktual	Ya (+)	True Positive (TP)	False Positive (FP)
	Tidak (-)	False Negative (FN)	True Negative (TN)

Untuk mengukur kinerja keberhasilan deteksi onset menggunakan *F-Measure* digunakan dua parameter pengukuran kinerja. yaitu nilai *precision* dan *recall*. Nilai *precision* sesuai persamaan 2.7, merujuk kepada tingkat ketepatan antara informasi yang diminta oleh pengguna dengan jawaban yang diberikan oleh sistem.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2.7)$$

Dimana : TP = Jumlah onset yang terdeteksi secara benar

FP = Jumlah bukan onset yang terdeteksi sebagai onset

Sedangkan *recall* adalah tingkat keberhasilan sistem dalam menemukan kembali sebuah informasi yang relevan. *Recall* dihitung sesuai dengan persamaan 2.8.

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2.8)$$

Dimana : TP = Jumlah onset yang terdeteksi secara benar

FN = Jumlah onset yang tidak terdeteksi sebagai onset

Untuk mengukur tingkat keberhasilan dengan *F-Measure* dapat dinyatakan dalam bentuk matematis melalui persamaan 2.9 yang melibatkan parameter *precision* dan *recall* yang telah dihitung sebelumnya pada persamaan 2.7 dan 2.8.

$$F - Measure = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (2.9)$$

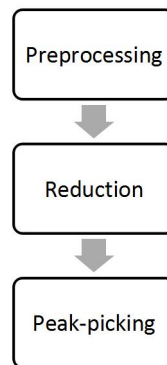
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Deteksi Onset Standar

Proses perancangan sistem dari proses deteksi onset standar pada dasarnya dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu tahapan *preprocessing*, *reduction* dan *peak-picking*.



Gambar 3.1 Proses deteksi onset standar

Dari proses deteksi onset standar sesuai gambar 3.1 tersebut kemudian dilakukan modifikasi pada proses preprocessing dan reduction tergantung dari pendekatan deteksi onset yang digunakan. Berikut penjelasan masing-masing tahapan :

- Tahap *preprocessing*

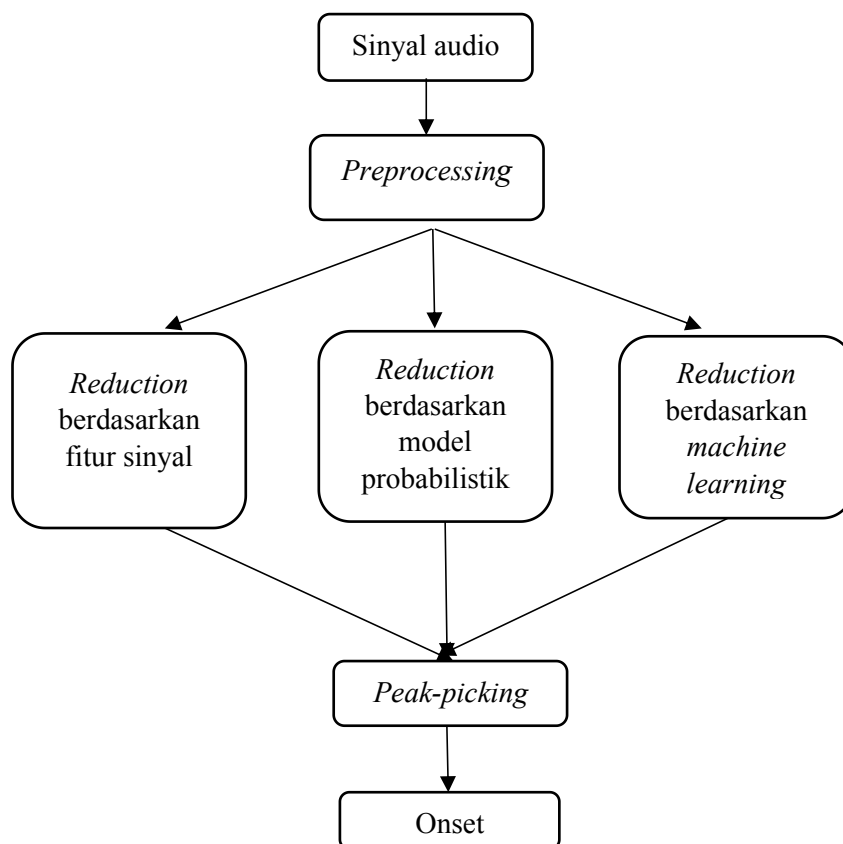
Tahapan ini merupakan tahapan optional dalam melakukan pendeteksian onset. Ada sejumlah perlakuan berbeda yang bisa diaplikasikan pada sinyal musik agar memudahkan pendeteksian onset. Tahapan ini bisa dikerjakan sesuai dengan kebutuhan pemrosesan sinyal pada tahapan selanjutnya, sehingga tahapan ini bisa disesuaikan tergantung peneliti. Proses yang umumnya digunakan pada skema deteksi onset misalnya adalah memisahkan sinyal ke beberapa pita frekuensi, dan pemisahan daerah *transient/steadystate*.

- Tahap *reduction*

Tahap ini adalah proses kunci dalam skema deteksi onset. Penelitian (Bello. 2005) membagi metode *reduction* dalam dua kelompok: metode berdasarkan penggunaan fitur sinyal seperti amplitudo sinyal, fase dan perubahan frekuensi dan metode berdasarkan model probabilistik sinyal. Selanjutnya, penelitian (Eyben. 2010) menambahkan metode baru yaitu metode berbasis *machine learning* yang akan digunakan pada penelitian ini.

- Tahap *peak-picking*

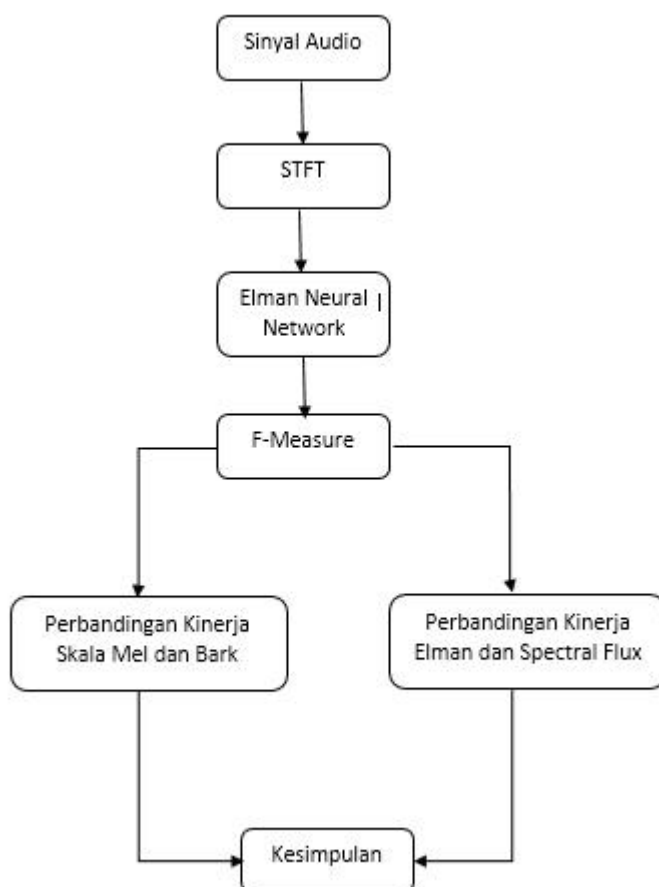
Pada tahap ini dilakukan proses normalisasi terlebih dahulu sehingga memudahkan proses *peak-picking* atau pemilihan puncak. Proses *peak-picking* mengidentifikasi lokasi *local maxima* (biasa disebut *peak*) dari sinyal. Skema deteksi onset berdasarkan metode-metode pendekatan yang digunakan pada tahap *reduction* dijelaskan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Deteksi onset berdasarkan metode yang digunakan

3.2 Metode Penelitian

Sistem yang diusulkan pada penelitian ini adalah deteksi onset dengan *Elman Neural Network*. Pada penelitian ini, untuk menganalisa kinerja metode *Elman Neural Network* dilakukan perbandingan dengan menggunakan fitur yang berbeda yaitu fitur *Mel scale* dan fitur *Bark scale* dan juga perbandingan dengan metode onset standar yaitu *Spectral Flux*. Diagram alir perbandingan metode yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Alir Metode Penelitian

3.3 Tahap Preprocessing

Pada proses preprocessing ini digunakan metode overlap STFT dimana sinyal audio direpresentasikan ke dalam domain waktu-frekuensi untuk mengekstraksi fitur magnitude dan fasa dengan resolusi frekuensi dan waktu yang sama baiknya. Pada penelitian ini digunakan panjang jendela window sebesar 1024 dengan frekuensi sampling sinyal audio sebesar 48kHz. resolusi frekuensi sebesar 46.8 Hz dan resolusi waktu sebesar 21.3 ms. Lebar window yang digunakan berpengaruh terhadap resolusi waktu dan frekuensi yang dihasilkan. Resolusi waktu berarti ketelitian sinyal yang dihasilkan dalam domain waktu dan resolusi frekuensi merupakan ketelitian sinyal yang dihasilkan dalam domain frekuensi. Apabila lebar window yang digunakan sempit, maka sinyal yang dihasilkan memiliki resolusi waktu yang bagus namun kurang dalam hal resolusi frekuensi. Sebaliknya, apabila window yang digunakan lebar, maka sinyal hasil STFT memiliki resolusi frekuensi yang bagus namun memiliki resolusi waktu yang kurang bagus. Untuk mengatasi kekurangan tersebut maka pada STFT digunakan metode overlap pada saat pengoperasian window sehingga sinyal yang dihasilkan memiliki resolusi yang bagus pada domain waktu dan domain frekuensi. Metode overlap STFT dilakukan dengan cara mengoperasikan fungsi window secara tumpang tindih sesuai dengan hop size yang digunakan. Agar didapatkan indeks resolusi waktu yang lebih akurat digunakan lebar hop size sebesar 480 dengan hasil 10 ms resolusi waktu.

3.4 Metode Spectral Flux

Spectral flux merupakan metode yang sering digunakan untuk mendeteksi onset pada alat musik perkusif yang menonjolkan perubahan fitur pada magnitude. Karena gamelan merupakan alat musik perkusif yang dimainkan dengan dipukul, oleh karena itu metode spectral flux dianggap sesuai untuk dijadikan pengukuran standar deteksi onset pada gamelan. Metode spectral flux ditunjukkan oleh persamaan 3.1.

$$f(n) = \sum_{k=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}-1} H(|X(n,k)| - |X(n-1,k)|) \quad (3.1)$$

Pada metode spectral flux, dicari perubahan magnitude dari proses keluaran tahap preprocessing STFT $X(n,k)$ sebelumnya. Deteksi peak magnitude pada metode spectral flux dihitung berdasarkan selisih perubahan magnitude antara frame satu dengan frame sebelumnya. Selisih magnitude tiap frame ke- n kemudian disearahkan, lalu hasil dari semua bin frekuensi ke- k dijumlahkan sepanjang window N . Selanjutnya dilakukan proses *peak picking* yang dapat menganalisa peak-peak dalam banyak frame sekaligus. Pada proses ini dilakukan juga *adaptive thresholding* untuk menormalisasi hasil ekstraksi fitur magnitude dengan frame-frame tetangganya. sesuai persamaan 3.2.

$$d(n) = f(n) - \frac{\sum_{k=t-mw}^{t+w} f(k)}{mw + w + 1} \quad (3.2)$$

Kemudian sebuah peak pada frame ke- n dapat dipilih sebagai lokasi deteksi onset jika nilainya merupakan lokal maksimum yang memenuhi persamaan 3.3 berikut.

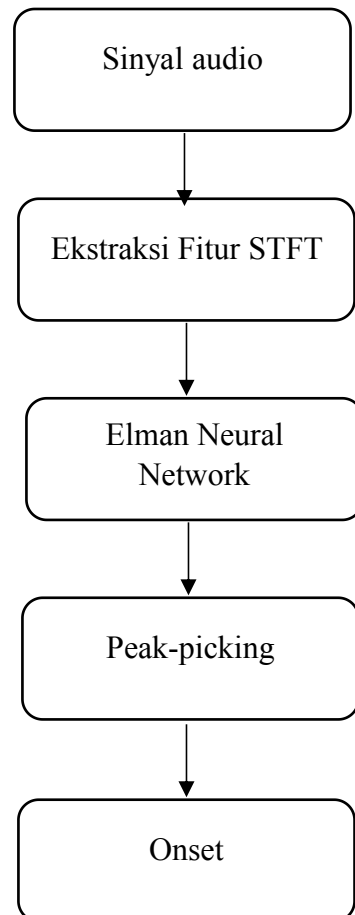
$$d(n) \geq d(k), \forall k : t - w \leq k \leq t + w \quad (3.3)$$

Dimana nilai w merupakan lebar window yang digunakan untuk menemukan lokal maksimum, yang nilainya didasarkan pada rata-rata jarak antar ketukan atau lokasi onset. Dan variabel m adalah variabel pengali yang bernilai 1 sehingga penentuan puncak lokasi onset ditentukan berdasarkan ketinggian magnitudo suatu frame terhadap frame-frame lain pada rentang tempo musik rata-rata.

3.5 Metode Elman Neural Network

Gambar 3.4 berikut ini adalah diagram alur yang menjelaskan proses deteksi onset menggunakan metode Elman Neural Network dengan jaringan

Elman sesuai dengan referensi pada (Wulandari.2012) digunakan ekstraksi fitur dengan *overlapped* STFT pada tahapan *pre-processing* :



Gambar 3.4 Proses deteksi onset *Elman Neural Network*

Penjelasan lebih detail dari tahapan *pre-processing* pada gambar 3.4 adalah sebagai berikut :

1. Ekstraksi Fitur

Pada awalnya sinyal audio yang masuk akan diproses melalui tahap *pre-processing*. Pada penelitian ini proses *pre-processing* dilakukan dengan melakukan ekstraksi fitur dan proses analisa waktu frekuensi menggunakan *overlapped* STFT dimana sinyal audio masukan dibagi menjadi frame-frame yang sesuai dengan panjang dari sinyal tersebut dan frekuensi samplingnya. Proses *overlapped* STFT dilakukan untuk menghindari hilangnya ciri atau

karakteristik sinyal audio pada perbatasan perpotongan setiap frame. Jarak antara frame awal dengan frame berikutnya yang akan diproses disebut dengan *hop size*. yang diatur dengan parameter tertentu agar *overlapped* satu sama lain. Nilai parameter yang digunakan masih sama dengan metode spectral flux sebelumnya yaitu. panjang jendela window sebesar 1024 dengan frekuensi sampling sinyal audio sebesar 48 kHz. resolusi frekuensi sebesar 46.8 Hz dan resolusi waktu sebesar 21.3 ms. Agar didapatkan indeks resolusi waktu yang lebih akurat digunakan lebar hop size sebesar 480 dengan hasil 10 ms resolusi waktu.

Perbedaan proses *pre-processing* antara metode Elman dengan *spectral flux* adalah setelah didapatkan hasil ekstraksi fitur STFT yang diperoleh diubah dalam bentuk *power spectrogram* sesuai persamaan 3.4 (Eyben.2010) :

$$S(n,k) = |X(n,k)|^2 \quad (3.4)$$

Dimana : n = adalah indeks frame ke- n

k = adalah indeks frekuensi bin ke- k .

Hasil power spectrogram kemudian akan ditransformasikan ke dalam bentuk *Mel frequency scale* dengan menggunakan 40 triangular filterbank untuk mengurangi dimensional matriks. Selanjutnya nilai logaritma dari Mel spectrogram $M(n,m)$ dihitung untuk memberikan kesamaan persepsi sesuai dengan rentang pendengaran manusia. seperti pada persamaan 3.5.

$$M_{log}(n,m) = \log ((n,m) + 1.0)) \quad (3.5)$$

Dari hasil proses ini diperoleh 40 fitur log mel spectrogram yang akan dijadikan salah satu input pada proses *Neural Network*. Fitur lain yang juga digunakan sebagai input adalah *positive first order diffrence* dari dua buah log *Mel spectrogram* yang berurutan. yang dihitung sesuai persamaan 3.6.

$$D^+(m,n) = H(M_{log}(n,m) - M_{log}(n - 1,m)) \quad (3.6)$$

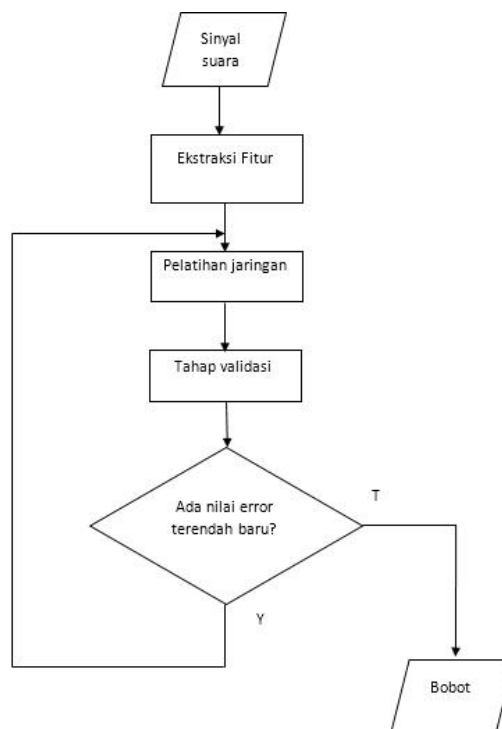
Dimana H ada.ah *half wave rectifier function*. yang dihitung dengan persamaan 3.7.

$$H(x) = \frac{H(x) + |H(x)|}{2} \quad (3.7)$$

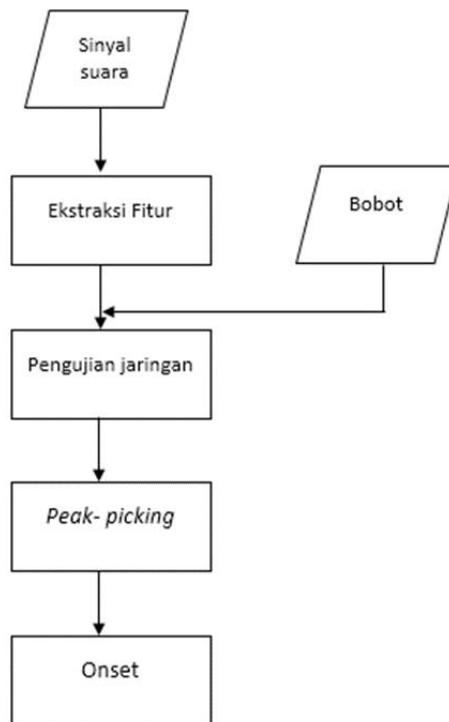
Fitur pertama diperoleh dari nilai logaritmik *Mel spectrogram* dan fitur kedua adalah *positive first order diffrence* dari dua buah log *Mel spectrogram* yang berurutan. Kedua fitur ini kemudian akan menjadi 80 input dari jaringan *Neural Network* pada tiap step waktu.

2. *Elman Neural Network*

Pada tahap ini digunakan pembelajaran yang diawasi dengan pemberhentian dini pada tahap pelatihan jaringan. Bobot yang diperoleh dari hasil pelatihan jaringan akan digunakan pada tahap pengujian jaringan. Gambar 3.5 menunjukkan blok diagram pelatihan dan gambar 3.5 menunjukkan blok diagram pengujian Elman network.



Gambar 3.5 Blok diagram pelatihan jaringan

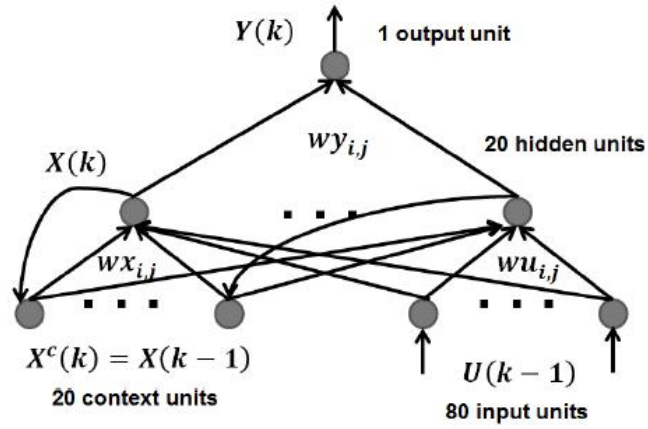


Gambar 3.6 Blok diagram pengujian jaringan

Pada tahap pelatihan jaringan, setiap sekuen audio dilatih frame demi frame ke jaringan. Bobot jaringan diperbarui secara rekursif dengan kemiringan gradien standar dengan backpropagation dari kesalahan output. Jaringan yang digunakan merupakan jenis *Elman Network* yang terdiri dari tiga layer, dimana layer input terdiri dari 80 masukan yang diperoleh dari hasil ekstraksi fitur *Mel spectrogram*. layer selanjutnya yaitu *hidden layer* terdiri dari 20 unit *hidden layer* dan layer output terdiri dari 1 unit output yang keluarannya dinormalisasi antara 0 dan 1. Output yang dinormalisasi mewakili probabilitas untuk kelas 'onset' dan 'non-onset'.

Gambar 3.7 menunjukkan diagram struktur dari Elman Network dengan 20 unit context layer yang memenuhi persamaan 3.8 (Wulandari.2012).

$$X^c(k) = X(k - 1) \quad (3.8)$$



Gambar 3.7 Struktur Elman Network (Wulandari.2012)

Selama forward pass, output dari setiap unit tersembunyi ditentukan oleh aktivasi dari lapisan input, dan aktivasi dari lapisan konteks sesuai persamaan 3.9.

$$h(k) = f(\sum_{i=1}^I (wu_{ih} U_i(k)) + \sum_{j=1}^H (wx_{jh} X_h(k-1))) \quad (3.9)$$

Dimana K adalah panjang dari input sekuen U yang direpresentasikan pada jaringan sebagai I unit input. H hidden unit dan sebuah output unit. $U_i(k)$ adalah nilai dari input i pada waktu ke- k . Sedangkan wu_{ij} , wx_{ij} dan wy_{ij} masing-masing adalah bobot pada *feed forward*, bobot lapisan konteks, dan bobot output dari unit ke- i unit ke- j . Untuk mengklasifikasikan setiap sampel sebagai 'onset'. Sampel yang mengandung onset diidentifikasi dengan mengolah fungsi unit output. Output dari jaringan dapat dihitung menggunakan persamaan 3.10.

$$Y(k) = f(\sum_{i=1}^H (wy_{ih} X_h(k))) \quad (3.10)$$

Dimana $f(.)$ mendefinisikan *log sigmoid function* yang digunakan pada semua input unit jaringan.

3. *Generalization*

Untuk menghindari *overfitting*, maka diterapkan metode pemberhentian awal atau *early stopping* pada setiap pelatihan yang dilakukan. Kesalahan pada proses validasi diperiksa setiap lima *training epoch* dan jika sepuluh kesalahan validasi lulus tanpa nilai terendah baru maka pelatihan dihentikan dan bobot yang dihasilkan dianggap sebagai yang terbaik untuk jaringan.

4. *Peak-picking*

Pelatihan jaringan seperti yang dijelaskan pada bagian sebelumnya dapat mengklasifikasikan setiap frame menjadi dua kelas: 'onset' dan 'no onset'. Pada tahap ini hanya aktivasi output dari kelas 'onset' yang digunakan. Thresholding dan peak detection kemudian digunakan untuk menentukan pemilihan puncak yang sesuai. Output dari jaringan $b(t)$ memberikan fungsi deteksi onset yang terdiri dari beberapa impuls yang mewakili kandidat onset. Tahap selanjutnya adalah memilih onset dari kandidat onset melalui proses *fixed thresholding* dengan nilai θ adalah 0.5 . Sebuah fungsi baru $G(t)$ dibangun menggunakan nilai ambang ini, yang mempertahankan nilai $b(t)$ jika lebih besar daripada θ sesuai persamaan 3.11.

$$G(t) = \begin{cases} b(t) & \text{if } b(t) \geq \theta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.11)$$

Selanjutnya, proses pemilihan puncak mengidentifikasi lokasi *local maxima* (biasa disebut *peak*) dari sinyal. Setelah ditemukan *local maxima/peak* terpilih dari sinyal kemudian akan dibandingkan dengan anotasi/target dengan batas toleransi minimal yang digunakan adalah 20 ms dari lokasi ketukan yang sesungguhnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

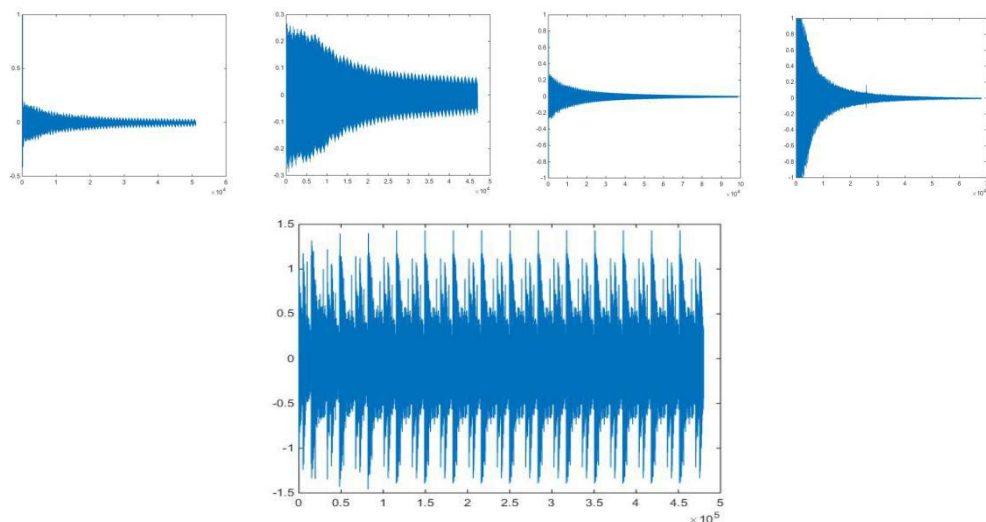
BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai proses dan hasil pengujian sistem deteksi onset pada musik gamelan kelompok Balungan yaitu Saron, Demung dan Peking. Penelitian ini akan membandingkan kinerja deteksi onset dengan metode Spectral Flux dan menggunakan metode Recurrent Neural Network.

4.1 Data Percobaan

Data percobaan yang digunakan terdiri dari 105 data musik gamelan semi-sintesis. 70 data digunakan sebagai data training. 14 data sebagai validation set dan 21 sebagai data testing. Masing-masing data berdurasi 10ms. Data percobaan ini dibagi menjadi tiga kelompok. kelompok pertama adalah lagu yang terdiri dari satu pukulan nada tunggal dari satu instrumen. kelompok kedua adalah lagu sintesis dari dua pukulan dalam satu notasi yang dimainkan pada saat yang hampir bersamaan. kelompok ketiga adalah lagu sintesis dari penggabungan nada-nada tunggal dari dua instrumen yang berbeda. Ilustrasi pembuatan lagu sintesis dapat diperlihatkan pada gambar 4.1.

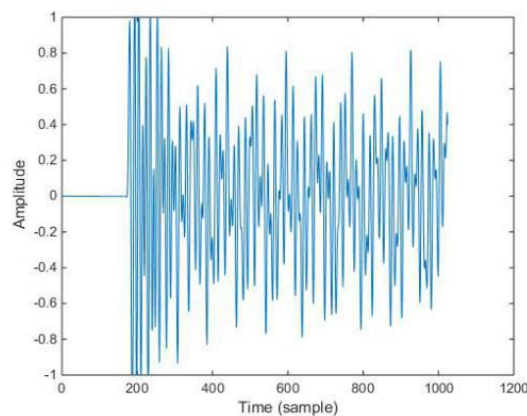


Gambar 4.1 Ilustrasi proses pembuatan lagu sintesis

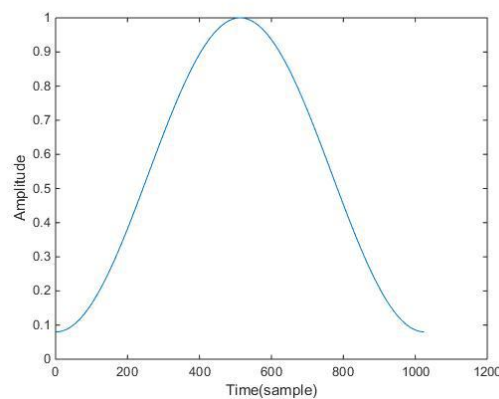
4.2 Tahap Pre-processing

4.2.1 STFT

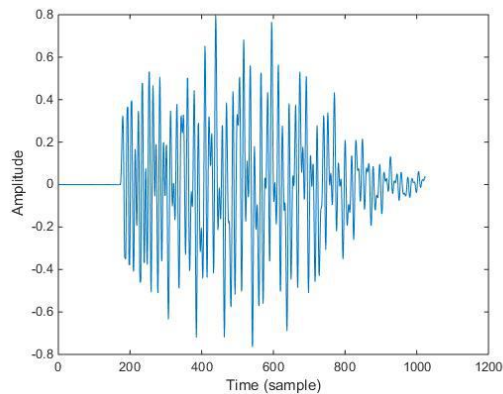
Tahap pre-processing yang pertama dilakukan adalah mentransformasikan sinyal suara ke dalam domain waktu-frekuensi menggunakan algoritma Short Time Fourier Transform (STFT) secara overlap. Hal ini dilakukan untuk mengekstraksi fitur yang dimiliki dari sinyal suara yaitu magnitude dan fasa dengan resolusi frekuensi dan waktu yang sama baiknya. Proses STFT diawali dengan melakukan pencuplikan sinyal dengan lebar window sebesar 1024 sample. Sinyal yang telah dicuplik seperti pada gambar 4.2. kemudian dikalikan dengan fungsi window hamming. Fungsi window hamming digunakan karena memiliki main lobe yang lebar dan side lobe yang kecil. hal ini menghasilkan resolusi frekuensi yang bagus. Fungsi window hamming berbentuk sinusoidal seperti pada gambar 4.3.



Gambar 4.2. Sinyal yang dicuplik sebesar 1024 sample

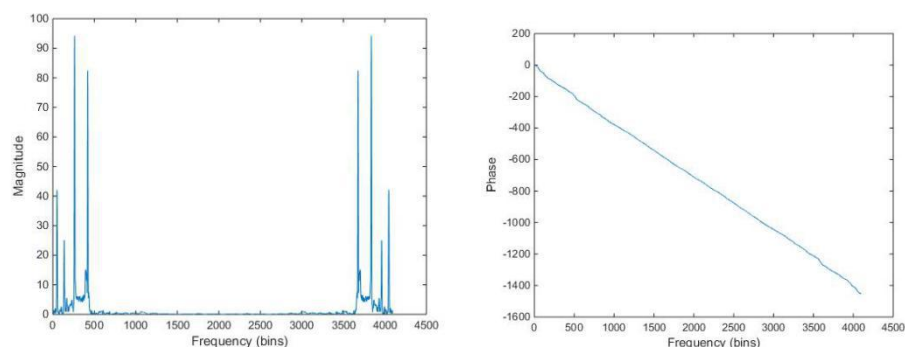


Gambar 4.3. Window Hamming



Gambar 4.4. Hasil Windowing

Gambar 4.4 menunjukkan hasil proses windowing pada sinyal yang telah dicuplik. Sinyal hasil windowing ini kemudian menjadi masukan bagi proses *Fast Fourier Transform* (FFT). *Fast Fourier Transform* (FFT) adalah suatu algoritma yang digunakan untuk merepresentasikan sinyal dalam domain waktu diskrit dan domain frekuensi. Proses FFT yang dilakukan berulang-ulang secara berurutan pada sinyal suara masukan ini disebut STFT. Agar hasil perubahan spectrum lebih halus, digunakan metode overlap STFT yaitu dengan mengatur jarak antara frame FFT pertama dengan frame FFT berikutnya dengan *hop size* sebesar 480 sample. dengan sinyal audio yg mempunyai frekuensi sampling $F_s = 48000$ Hz dan lebar window $N=1024$, maka resolusi waktu yg dimiliki adalah 10 ms dengan overlap sebesar 53.3%. Hasil dari proses STFT berupa bilangan kompleks yang memiliki komponen nilai magnitude dan fasa, seperti pada gambar 4.5.

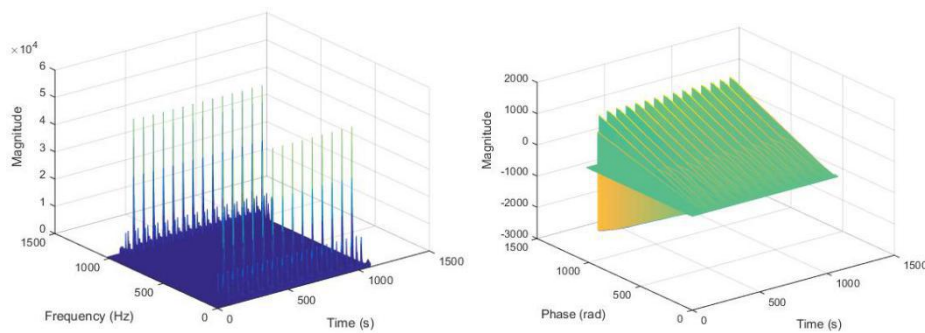


(a) Magnitude

(b) Fasa

Gambar 4.5. Hasil FFT : (a) Magnitude. (b) Fasa

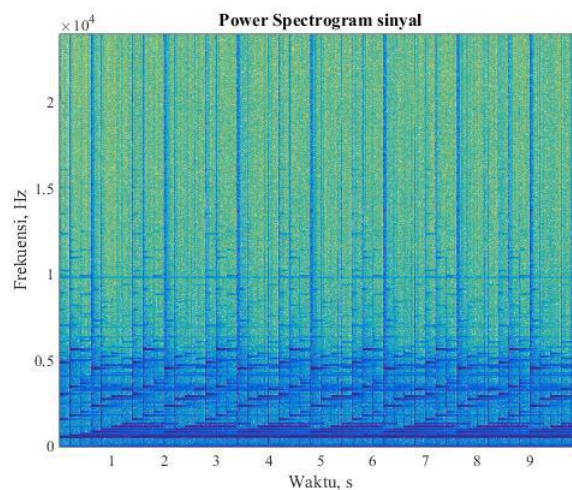
Hasil STFT yang berupa bilangan kompleks juga dapat direpresentasikan dalam bentuk dua dimensi ke dalam spectrogram. Spectrogram menunjukkan frekuensi pada sumbu vertikal, waktu pada sumbu horizontal dan magnitudo (besar energi sinyal) sebagai representasi warna. semakin gelap warnanya maka semakin besar magnitudonya. Gambar 4.6 menunjukkan sinyal hasil STFT dalam bentuk tiga dimensi..



Gambar 4.6. Representasi sinyal STFT

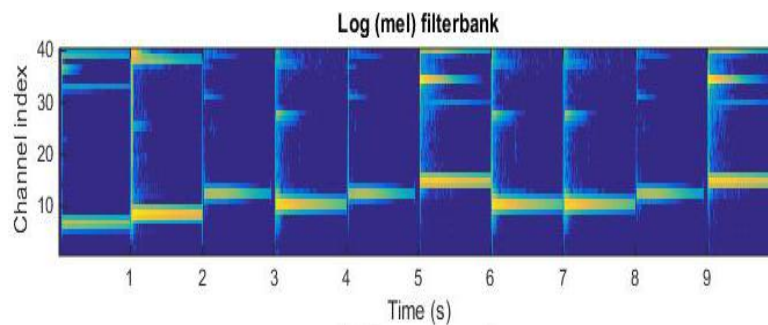
4.2.2 *Mel frequency scale*

Setelah didapatkan hasil ekstraksi fitur STFT kemudian diubah dalam bentuk *power spectrogram* (Eyben.2010). *Power spectrogram* hasil STFT ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Power spectrogram sinyal STFT

Hasil power spectrogram seperti direpresentasikan pada gambar 4.7. kemudian akan ditransformasikan ke dalam bentuk *Mel frequency scale* dengan menggunakan 40 triangular filterbank untuk mengurangi dimensional matriks. Selanjutnya nilai logaritma dari Mel spectrogram $M(n,m)$ dihitung untuk memberikan kesamaan persepsi sesuai dengan rentang pendengaran manusia. Dari hasil proses ini diperoleh 40 fitur log mel spectrogram yang akan dijadikan salah satu input pada proses *Neural Network*. Tampilan log Mel spectrogram dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8. Tampilan log Mel spectrogram

Fitur lain yang juga digunakan sebagai input adalah *positive first order difference* dari dua buah log *Mel spectrogram* yang berurutan. Kedua fitur ini kemudian akan menjadi 80 input dari jaringan *Neural Network* pada tiap step waktu.

4.3 Tahap Reduksi

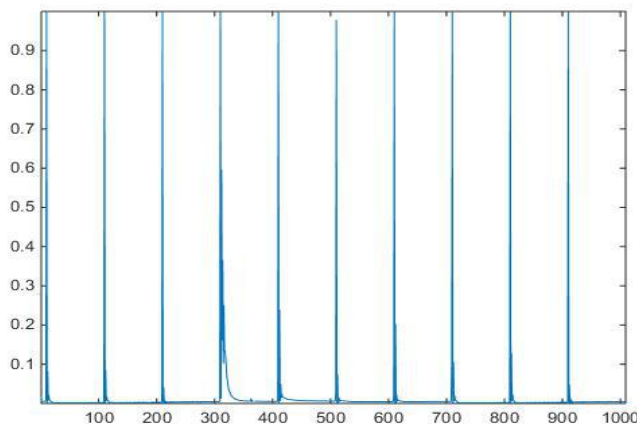
Pada tahap ini digunakan pembelajaran yang diawasi dengan pemberhentian dini pada tahap pelatihan jaringan. Setiap sekuen audio dilatih frame demi frame ke jaringan. Bobot jaringan diperbarui secara rekursif dengan kemiringan gradien standar dengan backpropagation dari kesalahan output. Jaringan yang digunakan merupakan jenis *Elman Network* yang terdiri dari tiga layer. dimana layer input terdiri dari 80 unit masukan yang terdiri dari 40 log mel dan 40 first order difference dari fitur *Mel spectrogram*. layer selanjutnya yaitu *hidden layer* terdiri dari 20 *hidden* unit dan layer output

terdiri dari 1 unit output yang keluarannya dinormalisasi antara 0 dan 1. Output yang dinormalisasi mewakili probabilitas untuk kelas 'onset' dan 'non-onset'.

Untuk lebih jelasnya, parameter uji coba yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Training function : Backpropagation
2. Jumlah neuron pada Hidden layer : 20
3. Jumlah neuron masukan : 80
4. Jumlah neuron keluaran : 1
5. Transfer function : sigmoid biner
6. Learning rate : 0.1
7. Epoch : 100
8. Early stopping method : Validation error setiap 5 epoch

Cara pengambilan data training adalah mengurutkan data input dari nilai rata-rata jarak inter onsetnya. Rata-rata inter-onset-interval (IOI) dari masing-masing sinyal gamelan dihitung. Data diurutkan berdasarkan nilai rata-rata IOI dari nilai terkecil ke nilai terbesar (ascending). Data dengan nilai rata-rata IOI terkecil dilatih terlebih dahulu. Hal ini dilakukan untuk menghindari kekurangan Elman yaitu gradient vanishing problem, yaitu ketika berhadapan dengan jeda waktu yang lama antara input (dalam hal ini onset). Sensitivitas jaringan meluruh secara eksponensial sehingga memungkinkan terjadi kesalahan dalam pelatihan jaringan atau menyebabkan waktu training yang lebih lama. Data yang digunakan untuk pelatihan jaringan diambil 70 data, 14 data sebagai *validation* data dan 21 data sebagai data *testing*. Masing-masing data berdurasi 10ms. Output dari jaringan ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 4.9. Output Jaringan

4.4 Hasil dan Evaluasi pada pengujian menggunakan fitur Mel scale

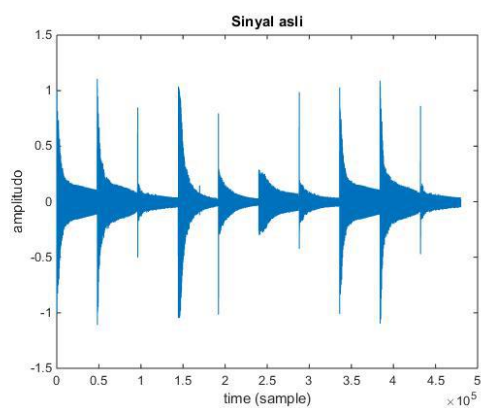
Parameter pengukuran tingkat keberhasilan yang diperoleh dihitung menggunakan *F-Measure*. *F-Measure* diperoleh dari nilai perhitungan precision dan recall dengan memanfaatkan confusion matrix yang menghasilkan empat nilai karakteristik yaitu *True Positive (TP)*, *False Positive (FP)*, *False Negative (FN)* dan *True Negative (TN)*. *True positive (TP)* menunjukkan onset yang teridentifikasi secara tepat sebagai onset. *False positive (FP)* menunjukkan pola sinyal bukan onset yang terdeteksi sebagai onset. *True negative (TN)* menunjukkan pola sinyal bukan onset yang terdeteksi secara benar sebagai bukan onset. *False negative (FN)* menunjukkan jumlah onset yang tidak terdeteksi sebagai onset.

4.4.1 Kinerja Metode Elman pada Lagu Semi-Sintesis Kelompok 1

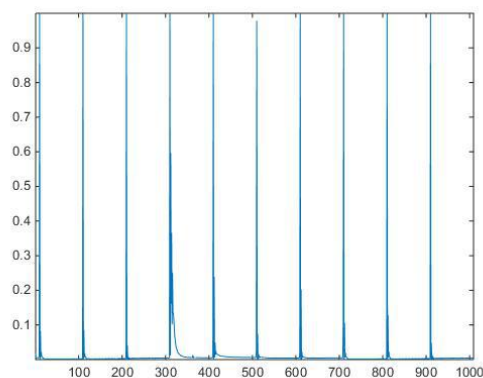
Hasil pengujian masing-masing data pada kelompok data 1 adalah sebagai berikut :

a) Hasil pengujian 1

Pengujian 1 dilakukan pada data x6 - Saron Slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.10 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.10. Sinyal asli



Gambar 4.11. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x6 - Saron Slendro	Saron	10	0	0	999	100	100	100

Dari tabel 4.1 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{10 + 999}{10 + 0 + 0 + 999} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$Precision = \frac{10}{10 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

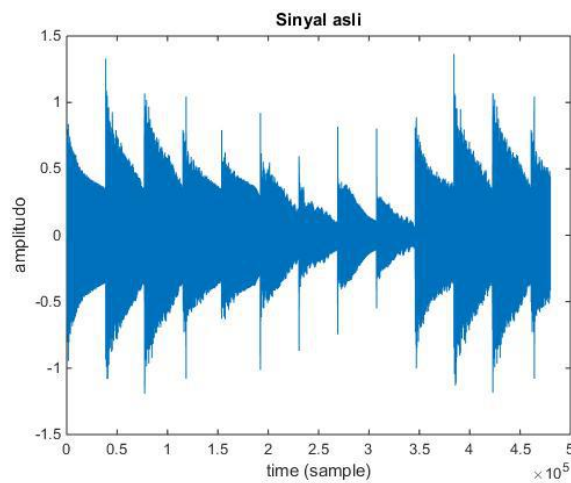
$$Recall = \frac{10}{10 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 1 \times 1}{1 + 1} = 1 \times 100\% = 100\%$$

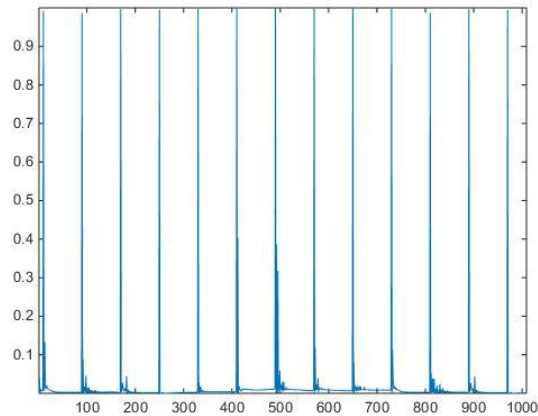
Pada pengujian data x6 saron slendro dihasilkan nilai akurasi 100%. presisi 100% dan nilai F-measure 100%. Hal ini membuktikan bahwa metode Elman Recurrent Neural Network berhasil mendeteksi onset dengan akurasi yang baik.

b) Hasil pengujian 2

Pengujian 1 dilakukan pada data x11 - Saron Slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.12 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.12 Sinyal asli



Gambar 4.13. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x11 - Saron Slendro	Saron	13	0	0	996	100	100	100

Dari tabel 4.1 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{13 + 996}{13 + 0 + 0 + 996} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$Precision = \frac{13}{13 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

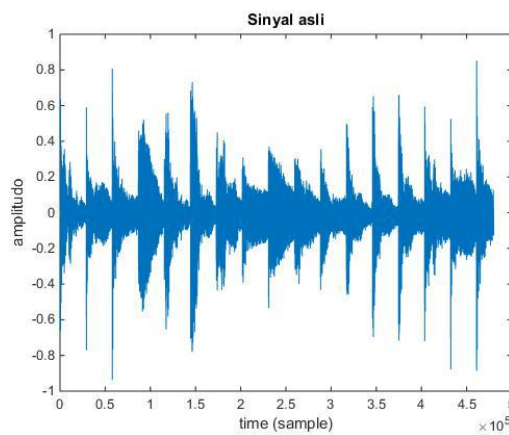
$$Recall = \frac{13}{13 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 1 \times 1}{1 + 1} = 1 \times 100\% = 100\%$$

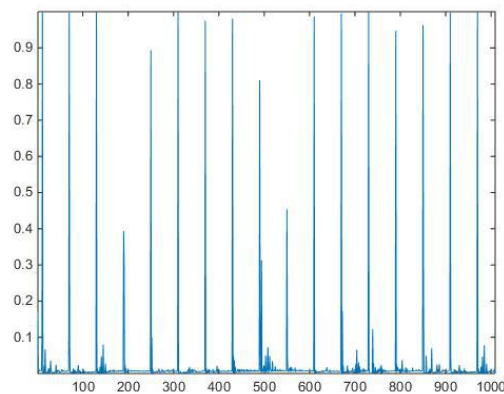
Pada pengujian data x6 saron slendro dihasilkan nilai akurasi 100%. presisi 100% dan nilai F-measure 100%. Hal ini membuktikan bahwa metode Elman Recurrent Neural Network berhasil mendeteksi onset dengan akurasi yang baik.

c) Hasil pengujian 3

Pengujian 3 dilakukan pada data x16- bonang pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.14 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.14 Sinyal asli



Gambar 4.15. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x16-Bonang pelog	Bonang	14	1	3	991	93.3	82.3	87.4

Dari tabel 4.3 dapat dihitung nilai akurasi. recall. presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{14 + 991}{14 + 1 + 3 + 991} = 0.996 \times 100\% = 99.6\%$$

$$Precision = \frac{14}{14 + 1} = 0.933 \times 100\% = 93.3\%$$

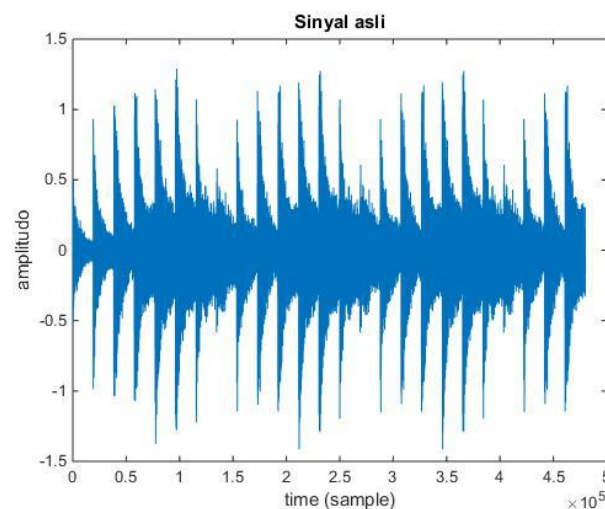
$$Recall = \frac{14}{14 + 3} = 0.823 \times 100\% = 82.3\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.933 \times 0.823}{0.933 + 0.823} = 0.874 \times 100\% = 87.4\%$$

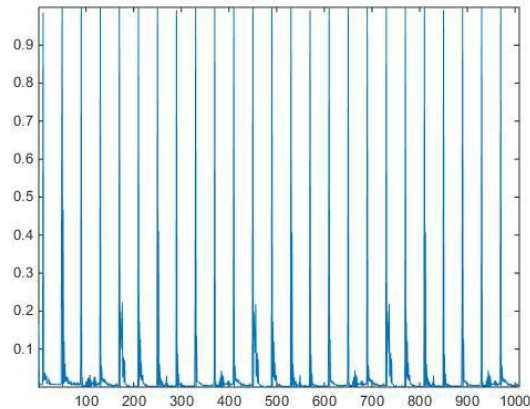
Pada pengujian data x16 bonang pelog dihasilkan nilai akurasi 99.6%. nilai presisi 93.3%. nilai recall 83.3% dan nilai F-measure 87.4%.

d) Hasil pengujian 4

Pengujian 4 dilakukan pada data x21 demung slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.16 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.17.



Gambar 4.16 Sinyal asli



Gambar 4.17. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x21-Demung slendro	Demung	25	1	0	983	96.1	100	98

Dari tabel 4.4 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{25 + 983}{25 + 1 + 0 + 983} = 0.999 \times 100\% = 99\%$$

$$Precision = \frac{25}{25 + 1} = 0.961 \times 100\% = 96.1\%$$

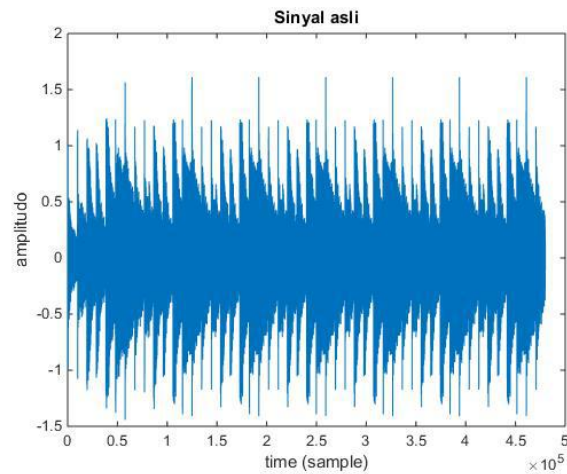
$$Recall = \frac{25}{25 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.961 \times 1}{0.961 + 1} = 0.98 \times 100\% = 98\%$$

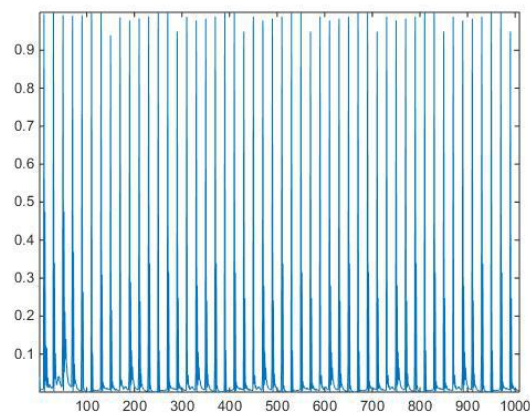
Pada pengujian data x21 demung slendro dihasilkan nilai akurasi 99%, nilai presisi 96.1%, nilai recall 100% dan nilai F-measure 98%.

e) Hasil pengujian 5

Pengujian 5 dilakukan pada data x21 demung slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.18 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.19.



Gambar 4.18 Sinyal asli



Gambar 4.19. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X26 - Peking slendro	Peking	50	1	0	958	98	100	98.9

Dari tabel 4.5 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{50 + 958}{50 + 1 + 0 + 958} = 0.999 \times 100\% = 99\%$$

$$Precision = \frac{50}{50 + 1} = 0.98 \times 100\% = 98\%$$

$$Recall = \frac{50}{50 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.98 \times 1}{0.98 + 1} = 0.989 \times 100\% = 98.9\%$$

Pada pengujian data x21 demung slendro dihasilkan nilai akurasi 99%, nilai presisi 98%, nilai recall 100% dan nilai F-measure 98.9%.

Hasil dari semua data pengujian kinerja metode Elman Elman pada deteksi onset nada tunggal satu instrumen dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Kinerja Metode Elman pada kelompok data 1

No	Nama Data	Instrumen	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x6 - Saron Slendro	Saron	100	100	100
2	x11 - Saron Slendro	Saron	100	100	100
3	x16- bonang pelog	Bonang	93.3	82.3	87.4
4	X21-demung slendro	Demung	96.1	100	98
5	X-26 peking slendro	Peking	98	100	98.9

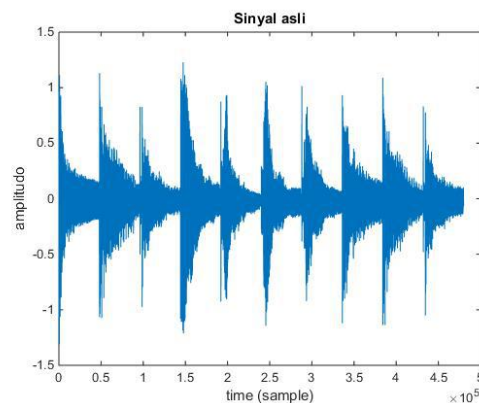
Pada pengujian kelompok data 1 dengan menggunakan satu pukulan pada tiap notasi pada satu instrumen yang sama dihasilkan nilai F-measure tertinggi pada kelompok nada saron dengan tingkat keberhasilan deteksi mencapai 100%. Nilai terendah pada kelompok nada bonang dengan tingkat keberhasilan 87.4%. Hal ini dikarenakan pada bonang, sinyal nada yang dihasilkan memiliki magnitudo yang lebih rendah dibandingkan dengan instrumen musik gamelan lainnya.

4.4.2 Kinerja Metode Elman pada Lagu Semi-Sintesis Kelompok 2

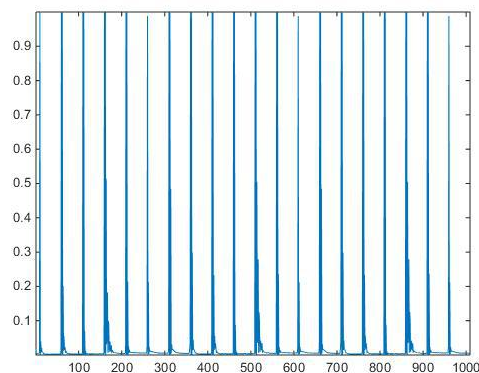
Hasil pengujian masing-masing data pada kelompok data 2 dengan menggunakan dua pukulan onset pada satu instrumen yang sama. adalah sebagai berikut :

a) Hasil pengujian 1

Pengujian 1 dilakukan pada data x31 - Saron Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.20 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.21.



Gambar 4.20. Sinyal asli



Gambar 4.21. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x31 - Saron Pelog	Saron	36	3	3	967	92.3	92.3	92.3

Dari tabel 4.7 dapat dihitung nilai akurasi. recall. presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{36 + 967}{36 + 3 + 3 + 967} = 0.994 \times 100\% = 99.4\%$$

$$Precision = \frac{36}{36 + 3} = 0.923 \times 100\% = 92.3\%$$

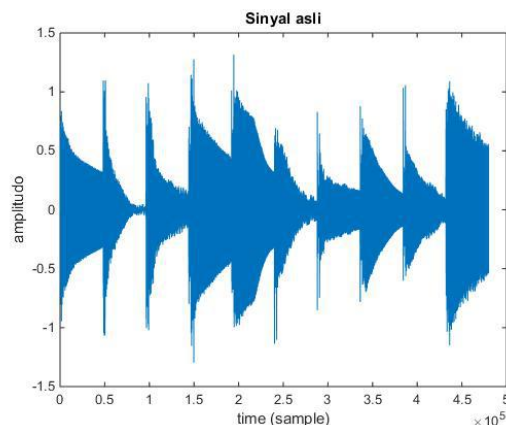
$$Recall = \frac{36}{36 + 3} = 0.923 \times 100\% = 92.3\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.923 \times 0.923}{0.923 + 0.923} = 0.923 \times 100\% = 92.3\%$$

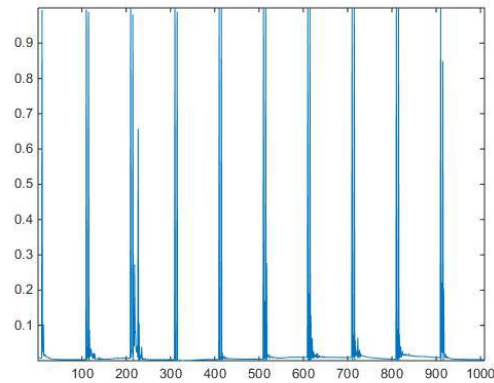
Pada pengujian data x31 - Saron Pelog dihasilkan nilai akurasi 99.4%. presisi 92.3% dan nilai F-measure 92.3%. Hal ini membuktikan bahwa metode Elman Recurrent Neural Network berhasil mendeteksi onset dengan akurasi yang baik.

b) Hasil pengujian 2

Pengujian 2 dilakukan pada data x42- Saron Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.22 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.23.



Gambar 4.22. Sinyal asli



Gambar 4.23. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x42- Saron Pelog	Saron	19	2	0	988	100	90.5	95

Dari tabel 4.8 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{19 + 988}{19 + 2 + 0 + 988} = 0.998 \times 100\% = 99.8\%$$

$$Precision = \frac{19}{19 + 2} = 0.904 \times 100\% = 90.4\%$$

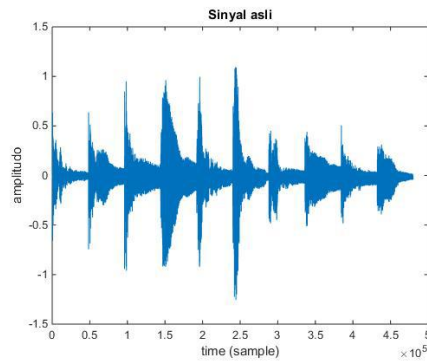
$$Recall = \frac{19}{19 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.904 \times 1}{0.904 + 1} = 0.949 \times 100\% = 94.9\%$$

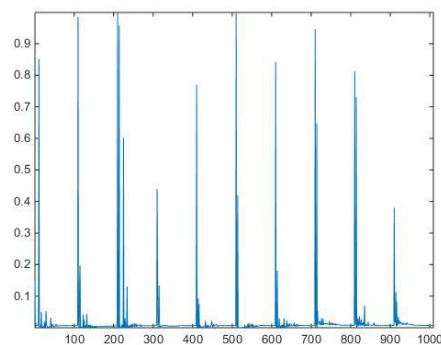
Pada pengujian data x42- Saron Pelog dihasilkan nilai akurasi 99.8%, presisi 90.4%, nilai recall 100% dan nilai F-measure 94.9%. Hal ini membuktikan bahwa metode Elman Recurrent Neural Network berhasil mendeteksi onset dengan akurasi yang baik.

c) Hasil pengujian 3

Pengujian 3 dilakukan pada data x47- Bonang Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.24 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.25.



Gambar 4.24. Sinyal asli



Gambar 4.25. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x47- Bonang Pelog	Bonang	11	2	8	988	84.6	57.8	68.7

Dari tabel 4.9 dapat dihitung nilai akurasi. recall. presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{11 + 988}{11 + 2 + 8 + 988} = 0.99 \times 100\% = 99\%$$

$$Precision = \frac{11}{11 + 2} = 0.846 \times 100\% = 84.6\%$$

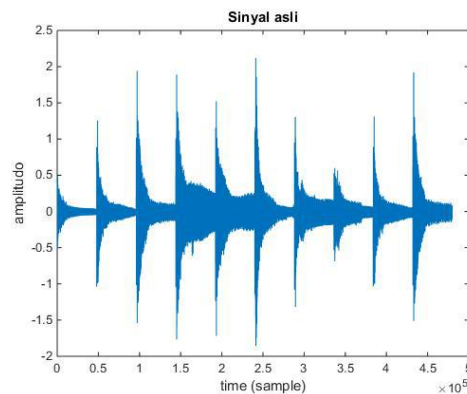
$$Recall = \frac{11}{11 + 8} = 0.578 \times 100\% = 57.8\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.846 \times 0.578}{0.846 + 0.578} = 0.687 \times 100\% = 68.7\%$$

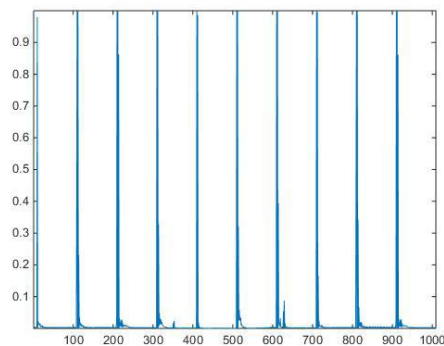
Pada pengujian data x47- Bonang Pelog dihasilkan nilai akurasi 99%. presisi 84.6%. nilai recall 57.8% dan nilai F-measure 68.7%.

d) Hasil pengujian 4

Pengujian 4 dilakukan pada data X52-demung slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.26 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.27.



Gambar 4.26. Sinyal asli



Gambar 4.27. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X52-demung slendro	demung	19	4	0	986	82.6	100	90.5

Dari tabel 4.10 dapat dihitung nilai akurasi. recall. presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{19 + 986}{19 + 4 + 0 + 986} = 0.996 \times 100\% = 99.6\%$$

$$Precision = \frac{19}{19 + 4} = 0.826 \times 100\% = 82.6\%$$

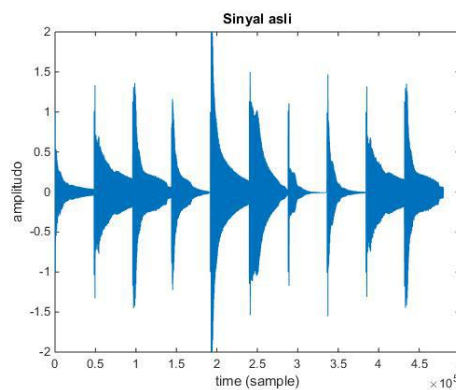
$$Recall = \frac{19}{19 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.826 \times 1}{0.826 + 1} = 0.905 \times 100\% = 90.5\%$$

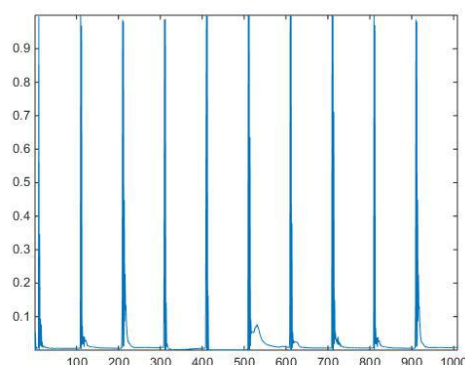
Pada pengujian data X52-demung slendro dihasilkan nilai akurasi 99.6%. presisi 82.6%. nilai recall 100% dan nilai F-measure 90.5%.

e) Hasil pengujian 5

Pengujian 5 dilakukan pada data X58- peking slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.28 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.29.



Gambar 4.28 Sinyal asli



Gambar 4.29. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X58- peking slendro	peking	19	2	0	988	90.4	100	94.9

Dari tabel 4.11 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{19 + 988}{19 + 2 + 0 + 988} = 0.998 \times 100\% = 99.8\%$$

$$Precision = \frac{19}{19 + 2} = 0.904 \times 100\% = 90.4\%$$

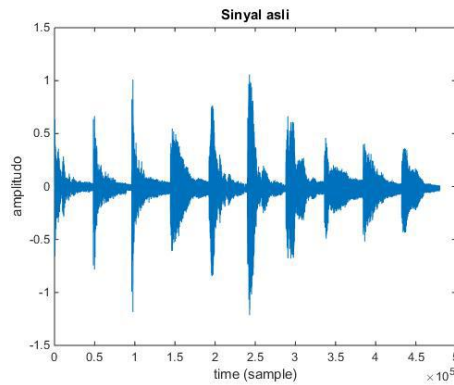
$$Recall = \frac{19}{19 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.904 \times 1}{0.904 + 1} = 0.949 \times 100\% = 94.9\%$$

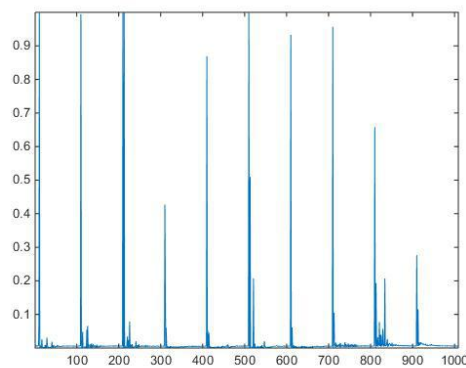
Pada pengujian data X58- peking slendro dihasilkan nilai akurasi 99.8%, presisi 90.4%, nilai recall 100% dan nilai F-measure 94.9%.

f) Hasil pengujian 6

Pengujian 6 dilakukan pada data X105- bonang pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.30 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.31.



Gambar 4.30 Sinyal asli



Gambar 4.31. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X105-bonang pelog	bonang	9	1	10	989	90	47.4	62.1

Dari tabel 4.12 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{9 + 989}{9 + 1 + 10 + 989} = 0.989 \times 100\% = 98.9\%$$

$$Precision = \frac{9}{9 + 1} = 0.9 \times 100\% = 90\%$$

$$Recall = \frac{9}{9 + 10} = 0.474 \times 100\% = 47.4\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.9 \times 0.474}{0.9 + 0.474} = 0.621 \times 100\% = 62.1\%$$

Pada pengujian data X58- peking slendro dihasilkan nilai akurasi 98.9%. presisi 90%. nilai recall 47.4% dan nilai F-measure 62.1%.

Hasil dari semua data pengujian kinerja metode Elman Elman pada kelompok data 2 dengan menggunakan dua pukulan onset pada satu instrumen yang sama dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Kinerja Metode Elman pada lagu Semi-Sintesis dengan dua pukulan onset pada satu instrumen yang sama

No	Nama Data	Instrumen	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x31 - Saron Pelog	Saron	92.3	92.3	92.3
2	x42- Saron Pelog	Saron	100	90.5	95
3	X47- bonang pelog	Bonang	84.6	57.8	68.7
4	X52-demung slendro	Demung	82.6	100	90.5
5	X58- peking slendro	Peking	90.4	100	94.9
6	X105- bonang pelog	Bonang	90	47.4	62.1

Pada pengujian kelompok data 2 dengan menggunakan dua pukulan onset pada satu instrumen yang sama dihasilkan nilai F-measure tertinggi pada kelompok nada saron dengan tingkat keberhasilan deteksi mencapai 95% dan juga pada kelompok nada peking dengan tingkat keberhasilan 94.9%. Nilai terendah

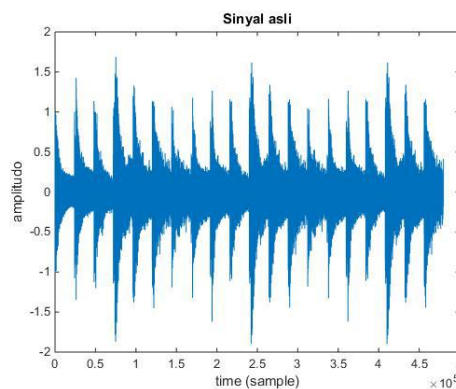
masih pada kelompok nada bonang dengan tingkat keberhasilan 68.7% dan 62.1%. Hal ini dikarenakan pada bonang, sinyal nada yang dihasilkan memiliki magnitudo yang lebih rendah dibandingkan dengan instrumen musik gamelan lainnya.

4.4.3 Kinerja Metode Elman pada Lagu Semi-Sintesis Kelompok 3

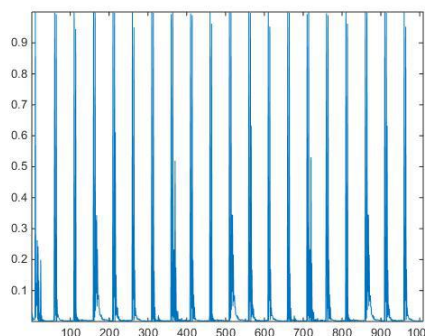
Hasil pengujian masing-masing data pada kelompok data 3 adalah sebagai berikut :

a) Hasil pengujian 1

Pengujian 1 dilakukan pada data x62 gabungan instrumen Demung Slendro. Saron Slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.32 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.33.



Gambar 4.32. Sinyal asli



Gambar 4.33. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x62 - Demung Slendro. Saron Slendro	Demung. Saron	39	5	0	965	88.6	100	93.9

Dari tabel 4.14 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{39 + 965}{39 + 5 + 0 + 965} = 0.995 \times 100\% = 95.5\%$$

$$Precision = \frac{39}{39 + 5} = 0.886 \times 100\% = 88.6\%$$

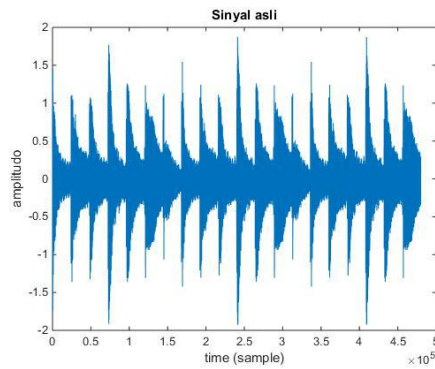
$$Recall = \frac{39}{39 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.886 \times 1}{0.886 + 1} = 0.939 \times 100\% = 93.9\%$$

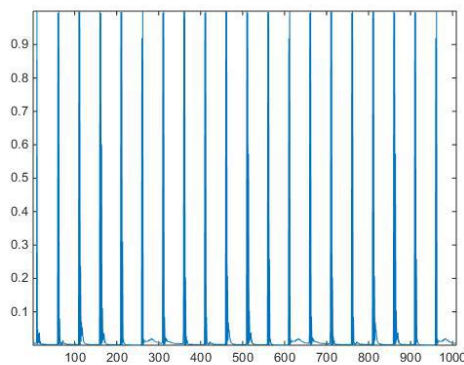
Pada pengujian data x62 gabungan instrumen Demung Slendro, Saron Slendro dihasilkan nilai akurasi 95.5%, presisi 88.6%, recall 100% dan nilai F-measure 93.9%. Hal ini membuktikan bahwa metode Elman Recurrent Neural Network berhasil mendeteksi onset dengan akurasi yang baik.

b) Hasil pengujian 2

Pengujian 2 dilakukan pada data x67 gabungan instrumen Saron Slendro, Peking Slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.34 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.35.



Gambar 4.34. Sinyal asli



Gambar 4.35. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x67 - Saron Slendro. Peking Slendro	Saron. Peking	39	3	0	967	92.8	100	96.3

Dari tabel 4.15 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{39 + 967}{39 + 3 + 0 + 967} = 0.997 \times 100\% = 99.7\%$$

$$Precision = \frac{39}{39 + 3} = 0.928 \times 100\% = 92.8\%$$

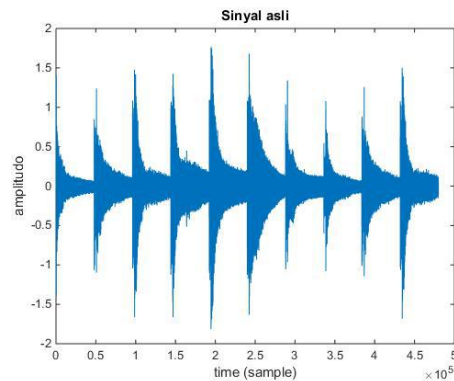
$$Recall = \frac{39}{39 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.928 \times 1}{0.928 + 1} = 0.963 \times 100\% = 96.3\%$$

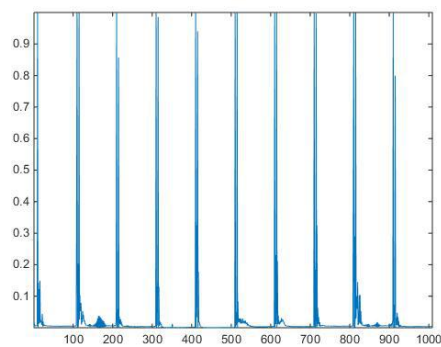
Pada pengujian data x67 - Saron Slendro. Peking Slendro dihasilkan nilai akurasi 99.7%. presisi 92.8%. recall 100% dan nilai F-measure 96.3%.

c) Hasil pengujian 3

Pengujian 3 dilakukan pada data x78 gabungan instrumen Demung Slendro. Peking Slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.36 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.37.



Gambar 4.36. Sinyal asli



Gambar 4.37. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X78 - Demung Slendro. Peking Slendro	Demung. Peking	19	0	0	990	100	100	100

Dari tabel 4.16 dapat dihitung nilai akurasi. recall. presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{19 + 990}{19 + 0 + 0 + 990} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$Precision = \frac{19}{19 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

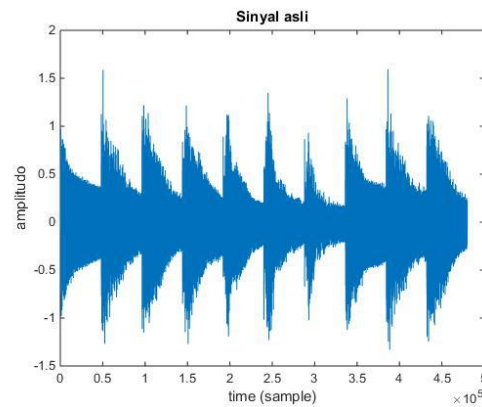
$$Recall = \frac{19}{19 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 1 \times 1}{1 + 1} = 1 \times 100\% = 100\%$$

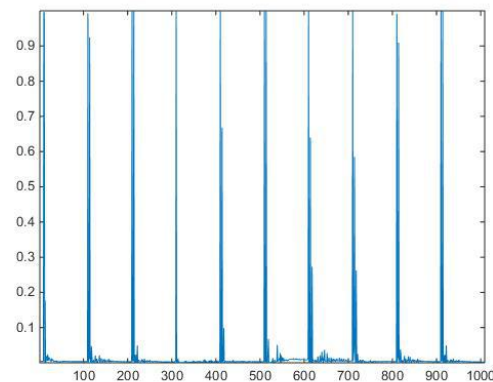
Pada pengujian data x78 - Demung Slendro. Peking Slendro dihasilkan nilai akurasi 100%. presisi 100%. recall 100% dan nilai F-measure 100%.

d) Hasil pengujian 4

Pengujian 4 dilakukan pada data x83 gabungan instrumen Saron Pelog. Bonang Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.38 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.39.



Gambar 4.38. Sinyal asli



Gambar 4.39. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.17.

Tabel 4.17 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X83 - Saron Pelog. Bonang Pelog	Saron. Bonang	18	1	1	989	94.7	94.7	94.7

Dari tabel 4.17 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{18 + 989}{18 + 1 + 1 + 989} = 0.998 \times 100\% = 99.8\%$$

$$Precision = \frac{18}{18 + 1} = 0.947 \times 100\% = 94.7\%$$

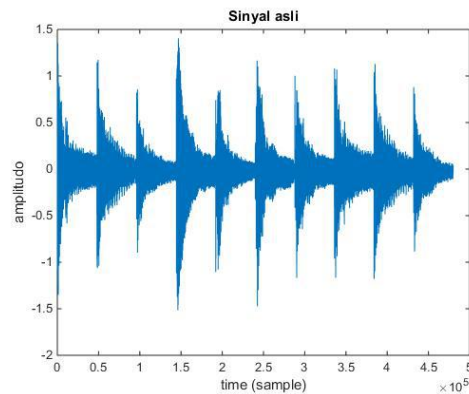
$$Recall = \frac{18}{18 + 1} = 0.947 \times 100\% = 94.7\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.947 \times 0.947}{0.947 + 0.947} = 0.947 \times 100\% = 94.7\%$$

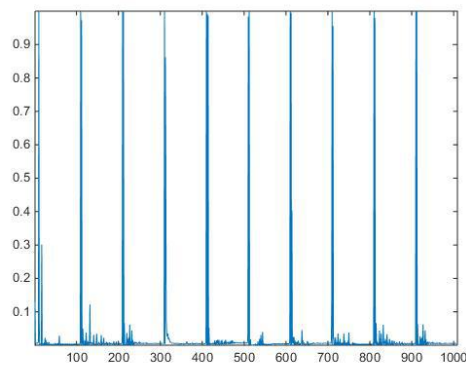
Pada pengujian data X83 - Saron Pelog. Bonang Pelog dihasilkan nilai akurasi 99.8%. presisi 94.7%. recall 94.7% dan nilai F-measure 94.7%.

e) Hasil pengujian 5

Pengujian 5 dilakukan pada data x88 gabungan instrumen Saron Slendro. Bonang Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.40 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.41.



Gambar 4.40. Sinyal asli



Gambar 4.41. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X88 - Saron Slendro. Bonang Pelog	Saron. Bonang	19	2	0	988	90.5	100	95

Dari tabel 4.18 dapat dihitung nilai akurasi. recall. presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{19 + 988}{19 + 2 + 0 + 988} = 0.998 \times 100\% = 99.8\%$$

$$Precision = \frac{19}{19 + 2} = 0.905 \times 100\% = 90.5\%$$

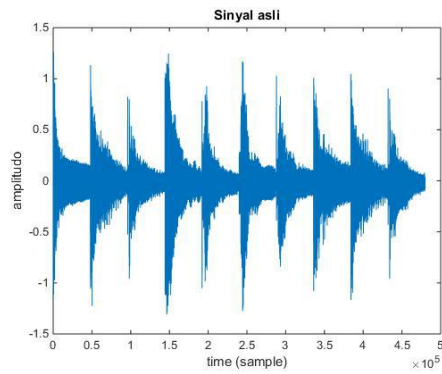
$$Recall = \frac{19}{19 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.905 \times 1}{0.905 + 1} = 0.95 \times 100\% = 95\%$$

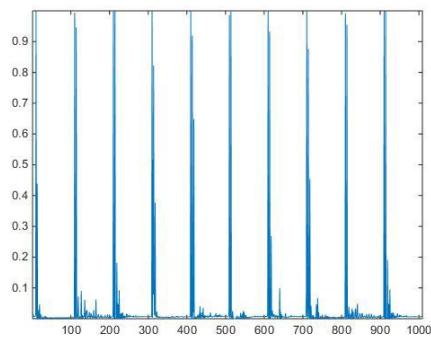
Pada pengujian data X88 - Saron Slendro. Bonang Pelog dihasilkan nilai akurasi 99.8%. presisi 90.5%. recall 100% dan nilai F-measure 95%.

f) Hasil pengujian 6

Pengujian 6 dilakukan pada data x89 gabungan instrumen Saron Slendro. Bonang Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.42 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.43.



Gambar 4.42. Sinyal asli



Gambar 4.43. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X89 - Saron Slendro. Bonang Pelog	Saron. Bonang	19	2	0	988	90.5	100	95

Dari tabel 4.19 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{19 + 988}{19 + 2 + 0 + 988} = 0.998 \times 100\% = 99.8\%$$

$$Precision = \frac{19}{19 + 2} = 0.905 \times 100\% = 90.5\%$$

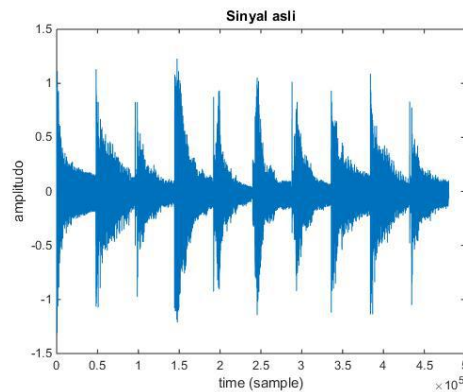
$$Recall = \frac{19}{19 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.905 \times 1}{0.905 + 1} = 0.95 \times 100\% = 95\%$$

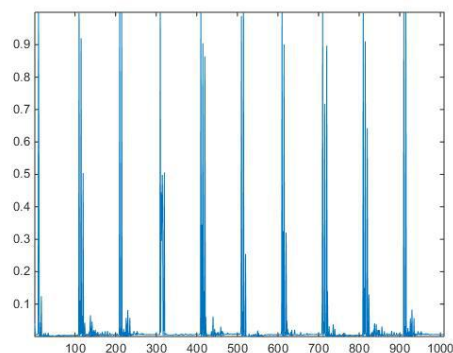
Pada pengujian data X89 - Saron Slendro. Bonang Pelog dihasilkan nilai akurasi 99.8%. presisi 90.5%. recall 100% dan nilai F-measure 95%.

g) Hasil pengujian 7

Pengujian 7 dilakukan pada data x90 gabungan instrumen Saron Slendro. Bonang Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.44 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.45.



Gambar 4.44. Sinyal asli



Gambar 4.45. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4.20 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X90 - Saron Slendro. Bonang Pelog	Saron. Bonang	18	6	1	984	75	94.7	83.7

Dari tabel 4.20 dapat dihitung nilai akurasi. recall. presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{18 + 984}{18 + 6 + 1 + 984} = 0.993 \times 100\% = 99.3\%$$

$$Precision = \frac{18}{18 + 6} = 0.75 \times 100\% = 75\%$$

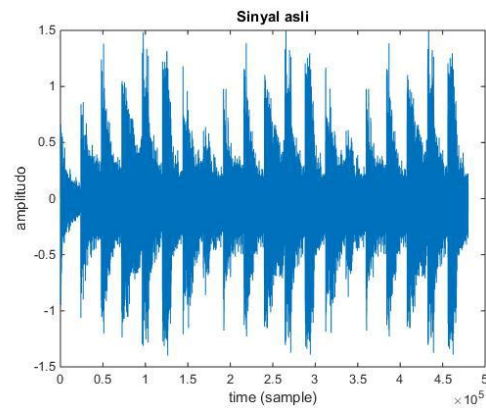
$$Recall = \frac{18}{18 + 1} = 0.947 \times 100\% = 94.7\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.75 \times 0.947}{0.75 + 0.947} = 0.837 \times 100\% = 83.7\%$$

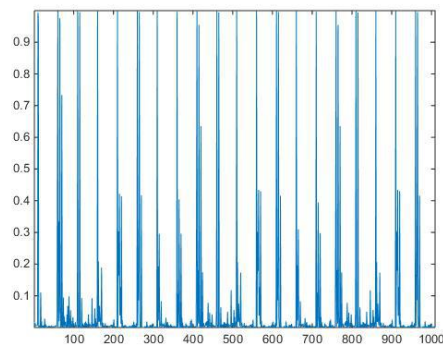
Pada pengujian data X90 - Saron Slendro. Bonang Pelog dihasilkan nilai akurasi 99.3%. presisi 75%. recall 94.7% dan nilai F-measure 83.7%.

h) Hasil pengujian 8

Pengujian 8 dilakukan pada data x93 gabungan instrumen Demung Slendro. Bonang Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.46 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.47.



Gambar 4.46. Sinyal asli



Gambar 4.47. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.21.

Tabel 4.21 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X93 - Demung Slendro. Bonang Pelog	Demung. Bonang	29	5	10	965	85.3	74.3	79.4

Dari tabel 4.21 dapat dihitung nilai akurasi. recall. presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{29 + 965}{29 + 5 + 10 + 965} = 0.985 \times 100\% = 98.5\%$$

$$Precision = \frac{29}{29 + 5} = 0.853 \times 100\% = 85.3\%$$

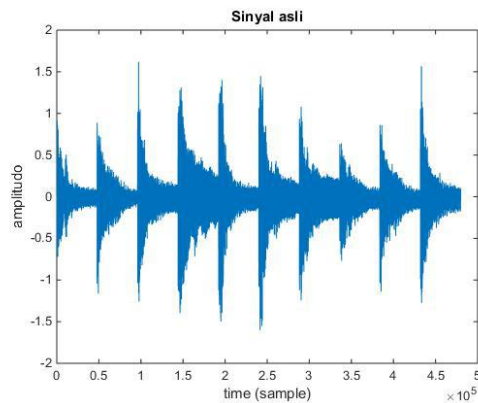
$$Recall = \frac{29}{29 + 10} = 0.743 \times 100\% = 74.3\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.853 \times 0.743}{0.853 + 0.743} = 0.794 \times 100\% = 79.4\%$$

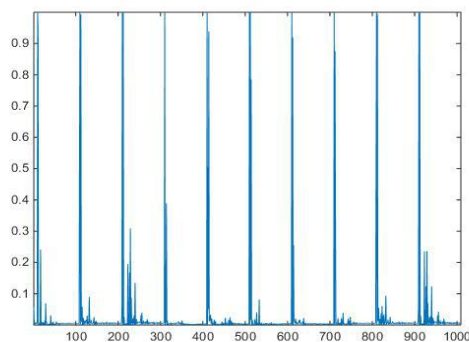
Pada pengujian data X93 - Demung Slendro. Bonang Pelog dihasilkan nilai akurasi 98.5%. presisi 85.3%. recall 74.3% dan nilai F-measure 79.4%.

i) Hasil pengujian 9

Pengujian 9 dilakukan pada data x94 gabungan instrumen Demung Slendro. Bonang Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.48 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.49.



Gambar 4.48. Sinyal asli



Gambar 4.49. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.22.

Tabel 4.22 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X94 - Demung Slendro. Bonang Pelog	Demung. Bonang	18	5	1	985	78.3	94.7	85.7

Dari tabel 4.22 dapat dihitung nilai akurasi. recall. presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{18 + 985}{18 + 5 + 1 + 985} = 0.994 \times 100\% = 99.4\%$$

$$Precision = \frac{18}{18 + 5} = 0.783 \times 100\% = 78.3\%$$

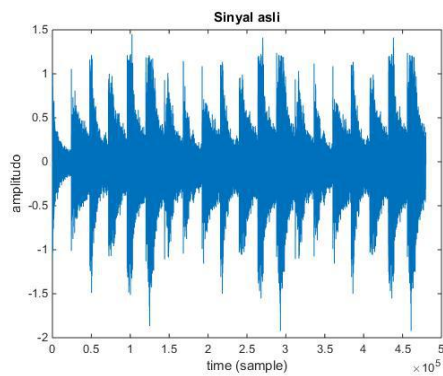
$$Recall = \frac{18}{18 + 1} = 0.947 \times 100\% = 94.7\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.783 \times 0.947}{0.783 + 0.947} = 0.857 \times 100\% = 85.7\%$$

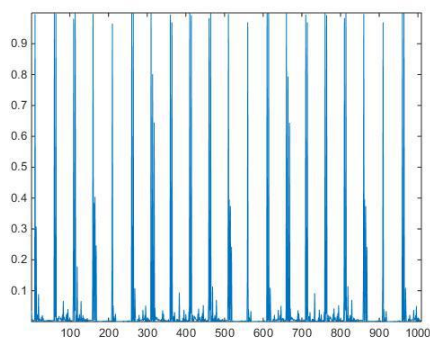
Pada pengujian data X94 - Demung Slendro. Bonang Pelog dihasilkan nilai akurasi 99.4%. presisi 78.3%. recall 94.7% dan nilai F-measure 85.7%.

j) Hasil pengujian 10

Pengujian 10 dilakukan pada data x98 gabungan instrumen Peking Slendro. Bonang Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.50 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.51.



Gambar 4.50. Sinyal asli



Gambar 4.51. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.23.

Tabel 4.23 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X98 - Peking Slendro. Bonang Pelog	Peking. Bonang	33	2	6	968	94.3	84.6	89.2

Dari tabel 4.23 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{33 + 968}{33 + 2 + 6 + 968} = 0.992 \times 100\% = 99.2\%$$

$$Precision = \frac{33}{33 + 2} = 0.943 \times 100\% = 94.3\%$$

$$Recall = \frac{33}{33 + 6} = 0.846 \times 100\% = 84.6\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.943 \times 0.846}{0.943 + 0.846} = 0.892 \times 100\% = 89.2\%$$

Pada pengujian data X98 - Peking Slendro. Bonang Pelog dihasilkan nilai akurasi 99.2%. presisi 94.3%. recall 84.6% dan nilai F-measure 89.2%. Hal ini menunjukkan bahwa metode Elman Recurrent Neural Network berhasil mendeteksi onset dengan akurasi yang baik mencapai 99.2% dan sistem dapat mengenali pola onset dengan baik dengan nilai F-measure mencapai 89.2%.

Hasil dari semua data pengujian kinerja metode Elman Elman pada kelompok data 3 dengan menggunakan dua pukulan onset pada dua instrumen yang berbeda dapat dilihat pada tabel 4.24.

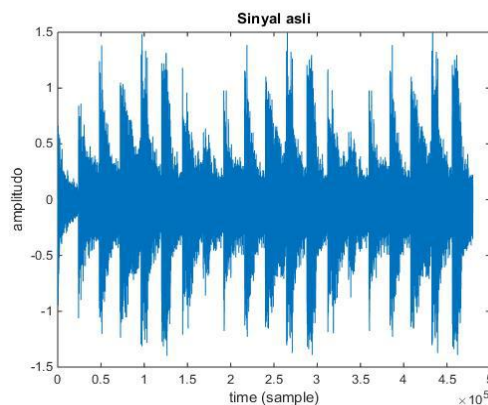
Tabel 4.24 Kinerja Metode Elman pada kelompok data 3 dengan Dua Instrumen yang berbeda

No	Nama Data	Instrumen	NTP	NFP	NFN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x62	Demung Slendro. Saron Slendro	39	4	0	90.6	100	95
2	x67	Saron Slendro. Peking Slendro	39	3	0	92.8	100	96.3
3	X78	Demung Slendro. Peking Slendro	19	0	0	100	100	100
4	X83	Saron Pelog. Bonang Pelog	18	1	1	94.7	94.7	94.7

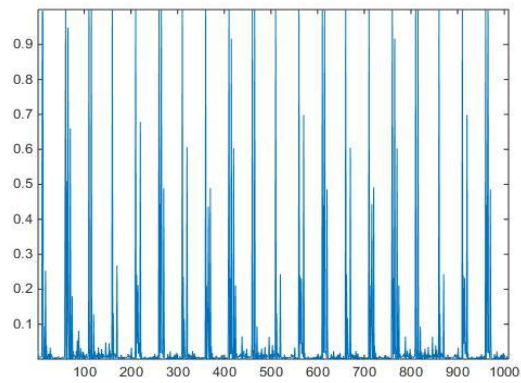
No	Nama Data	Instrumen	NTP	NFP	NFN	P	R	<i>F-Measure</i>
5	X88	Saron Slendro. Bonang Pelog	19	2	0	90.5	100	95
6	X89	Saron Slendro. Bonang Pelog	19	2	0	90.5	100	95
7	X90	Saron Slendro. Bonang Pelog	18	6	1	75	94.7	83.7
8	X93	Demung Slendro. Bonang Pelog	29	5	10	85.3	74.3	79.4
9	X94	Demung Slendro. Bonang Pelog	18	5	1	78.3	94.7	85.7
10	X98	Peking Slendro. Bonang Pelog	33	2	6	94.3	84.6	89.2

Pada pengujian kelompok data 3 dengan menggunakan dua instrumen yang berbeda dihasilkan nilai F-measure tertinggi pada kelompok nada gabungan dari demung peking dengan tingkat keberhasilan deteksi mencapai 100%. Nilai terendah pada kelompoknada gabungan demung dan bonang dengan tingkat keberhasilan 79.4%. Dari pengujian pada tabel 4.3. kelompok gabungan dengan instrumen bonang rata-rata memiliki nilai F-measure yang rendah pada saat interval antar grup onset 500 ms. Sedangkan jika interval antar onsetnya 1000 ms cenderung memiliki nilai F-measure yang lebih tinggi. contohnya pada kelompok gabungan saron dan bonang dengan interval antar grup onset 1000 ms. cenderung memiliki nilai deteksi onset yang lebih baik dengan nilai tertinggi mencapai 95%. Hal ini terjadi karena jika interval antar grup onset pada instrumen gabungan bonang lebih tinggi (jarak antar grup onset lebih besar). maka sistem akan lebih

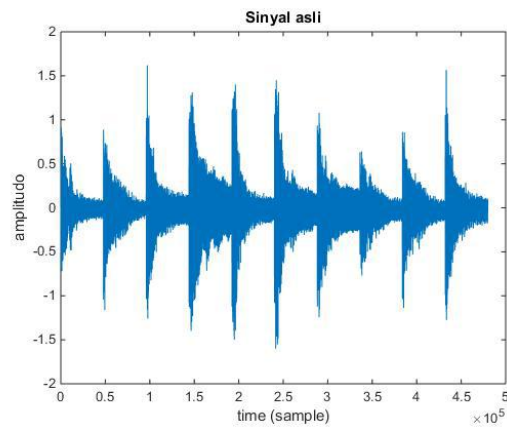
baik dalam mendeteksi puncak onset pada instrumen bonang, sebab pada instrumen bonang magnitudo yang dihasilkan lebih rendah daripada instrumen lainnya. sehingga apabila terlalu dekat jarak interval onsetnya maka puncak-puncak onset tersebut akan terdeteksi sebagai puncak yang sama. Contohnya pada data x93 instrumen gabungan demung dan bonang pada interval antar grup onset sebesar 500 ms memiliki nilai F-measure 79.4%. Sedangkan pada data x94 dengan interval antar grup onset sebesar 1000 ms memiliki nilai F-measure yang lebih tinggi yaitu 85.7%. Sinyal asli data data x93 instrumen gabungan demung dan bonang pada interval antar grup onset sebesar 500 ms ditunjukkan oleh gambar 4.52, dan sinyal asli data data x94 instrumen gabungan demung dan bonang pada interval antar grup onset sebesar 1000 ms ditunjukkan oleh gambar 4.53. Hasil output jaringan pada instrumen gabungan demung dan bonang pada interval antar grup onset sebesar 500 ms ditunjukkan pada gambar 4.54. Hasil output jaringan pada instrumen gabungan demung dan bonang pada interval antar grup onset sebesar 1000 ms ditunjukkan pada gambar 4.55.



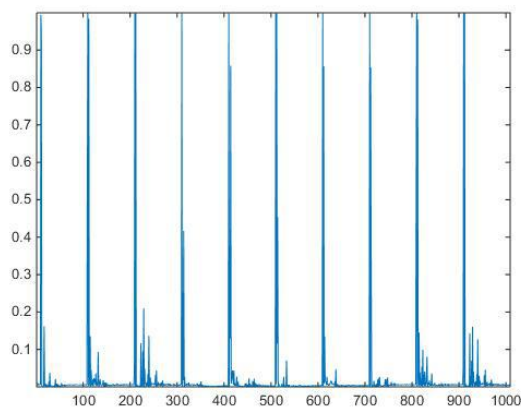
Gambar 4.52. Sinyal asli instrumen demung dan saron
(interval antar grup onset 500 ms)



Gambar 4.53. Output jaringan pada instrumen demung dan saron
(interval antar grup onset 500 ms)



Gambar 4.54. Sinyal asli instrumen demung dan saron
(interval antar grup onset 1000 ms)



Gambar 4.55. Output jaringan pada instrumen demung dan saron
(interval antar grup onset 1000 ms)

4.5 Hasil dan Evaluasi pada Pengujian menggunakan Fitur Bark Scale

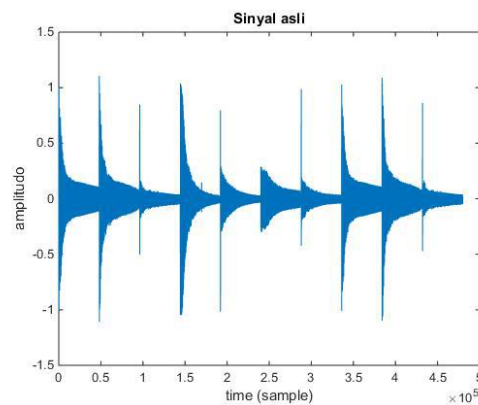
Pada pengujian ini digunakan fitur Bark Scale sebagai perbandingan kinerja deteksi onset Elman menggunakan fitur yang berbeda.

4.5.1 Kinerja Metode Elman pada Lagu Semi-Sintesis Kelompok 1

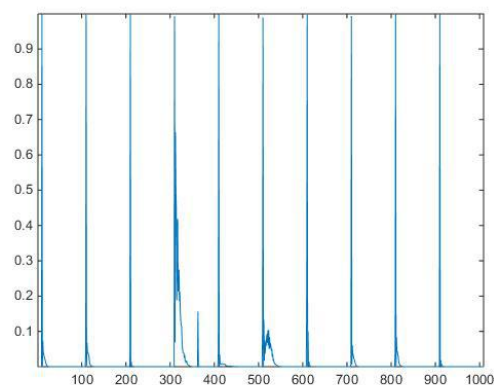
Hasil pengujian masing-masing data pada kelompok data 1 adalah sebagai berikut :

a) Hasil pengujian 1

Pengujian 1 dilakukan pada data x6 - Saron Slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.56 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.57.



Gambar 4.56. Sinyal asli



Gambar 4.57. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.25.

Tabel 4.25 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x6 - Saron Slendro	Saron	10	2	0	997	83.3	100	90.8

Dari tabel 4.25 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{10 + 997}{10 + 2 + 0 + 997} = 0.998 \times$$

$$Accuracy = \frac{10 + 997}{10 + 2 + 0 + 997} = 0.998 \times 100\% = 99.8\%$$

$$Precision = \frac{10}{10 + 2} = 0.833 \times 100\% = 83.3\%$$

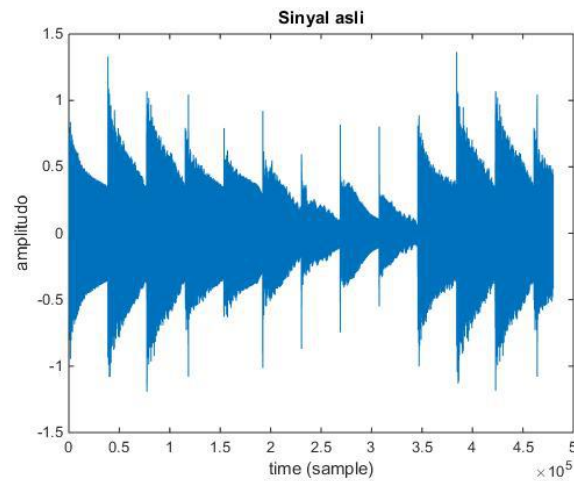
$$Recall = \frac{10}{10 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.833 \times 1}{0.833 + 1} = 0.908 \times 100\% = 90.8\%$$

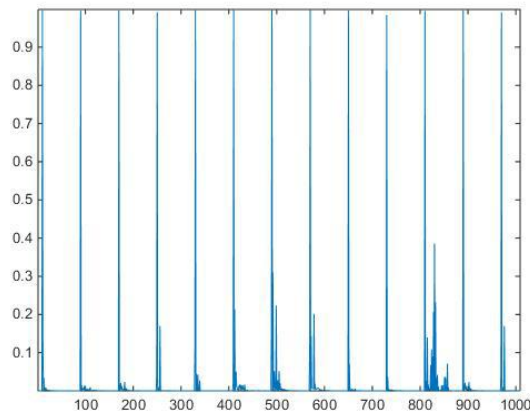
Pada pengujian data x6 saron slendro dihasilkan nilai akurasi 99.8%, presisi 83.3% , recall 100% dan nilai F-measure 90.8%. Hal ini membuktikan bahwa metode Elman Recurrent Neural Network berhasil mendeteksi onset dengan akurasi yang baik.

b) Hasil pengujian 2

Pengujian 2 dilakukan pada data x11 - Saron Slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.58 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.59.



Gambar 4.58 Sinyal asli



Gambar 4.59. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.26.

Tabel 4.26 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x11 - Saron Slendro	Saron	13	0	0	996	100	100	100

Dari tabel 4.26 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{13 + 996}{13 + 0 + 0 + 996} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$Precision = \frac{13}{13 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

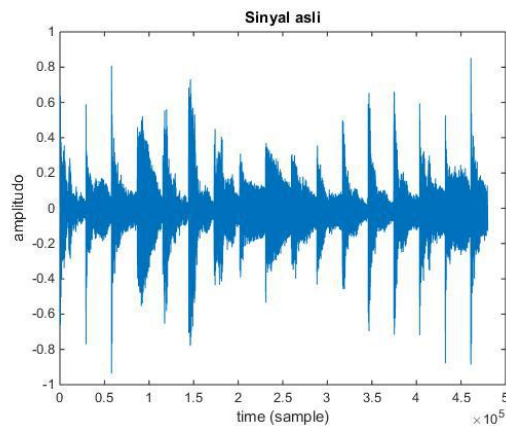
$$Recall = \frac{13}{13 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 1 \times 1}{1 + 1} = 1 \times 100\% = 100\%$$

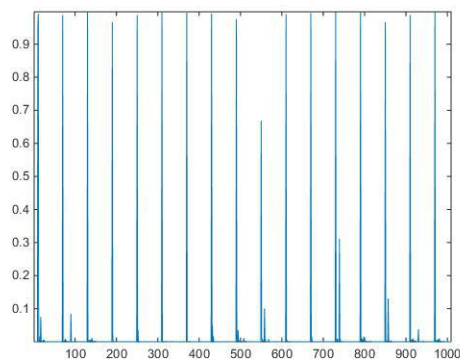
Pada pengujian data x11 saron slendro dihasilkan nilai akurasi 100%. presisi 100% , recall 100% dan nilai F-measure 100%.

c) Hasil pengujian 3

Pengujian 3 dilakukan pada data x16- bonang pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.60 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.61.



Gambar 4.60 Sinyal asli



Gambar 4.61. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.27.

Tabel 4.27 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x16-Bonang Pelog	Bonang	17	1	0	991	94.4	100	97.1

Dari tabel 4.27 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{17 + 991}{17 + 1 + 0 + 991} = 0.999 \times 100\% = 99.9\%$$

$$Precision = \frac{17}{17 + 1} = 0.944 \times 100\% = 94.4\%$$

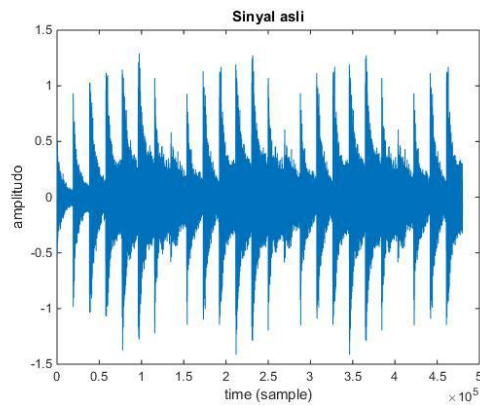
$$Recall = \frac{17}{17 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.944 \times 1}{0.944 + 1} = 0.971 \times 100\% = 97.1\%$$

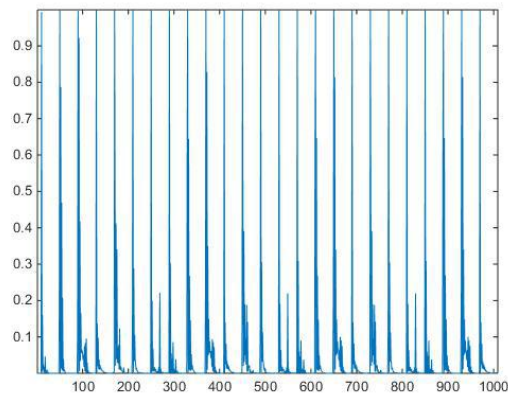
Pada pengujian data x11 saron slendro dihasilkan nilai akurasi 99.9%, presisi 94.4% , recall 100% dan nilai F-measure 97.1%.

d) Hasil pengujian 4

Pengujian 4 dilakukan pada data X21-demung slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.62 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.63.



Gambar 4.62 Sinyal asli



Gambar 4.63. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.28.

Tabel 4.28 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X21-demung slendro	Demung	25	11	0	973	69.4	100	81.9

Dari tabel 4.28 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{25 + 973}{25 + 11 + 0 + 973} = 0.989 \times 100\% = 98.9\%$$

$$Precision = \frac{25}{25 + 11} = 0.694 \times 100\% = 69.4\%$$

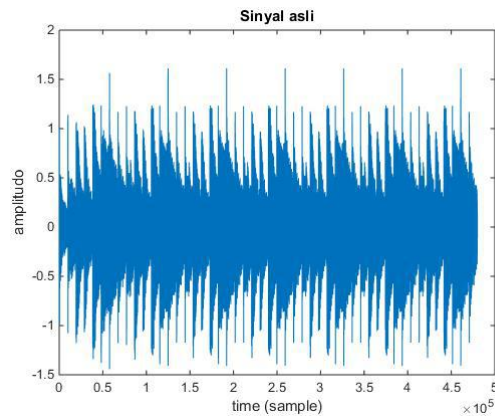
$$Recall = \frac{25}{25 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.694 \times 1}{0.694 + 1} = 0.819 \times 100\% = 81.9\%$$

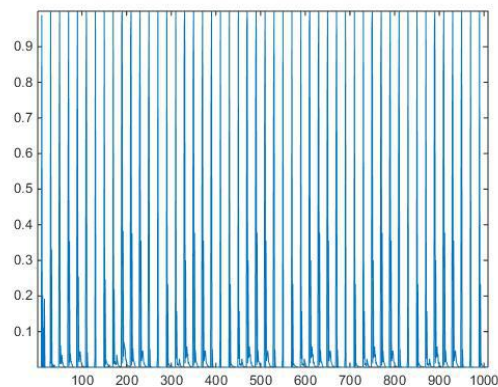
Pada pengujian data x21 - demung slendro dihasilkan nilai akurasi 98.9%.
presisi 69.4% , recall 100% dan nilai F-measure 81.9%.

e) Hasil pengujian 5

Pengujian 5 dilakukan pada data x26 peking slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.64 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.65.



Gambar 4.64 Sinyal asli



Gambar 4.65. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.29.

Tabel 4.29 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X26- peking slendro	Peking	50	28	0	931	64.1	100	78.1

Dari tabel 4.29 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{50 + 931}{50 + 28 + 0 + 931} = 0.972 \times 100\% = 97.2\%$$

$$Precision = \frac{50}{50 + 28} = 0.641 \times 100\% = 64.1\%$$

$$Recall = \frac{50}{50 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.641 \times 1}{0.641 + 1} = 0.781 \times 100\% = 78.1\%$$

Pada pengujian data X26- peking slendro dihasilkan nilai akurasi 97.2%, presisi 64.1% , recall 100% dan nilai F-measure 78.1%.

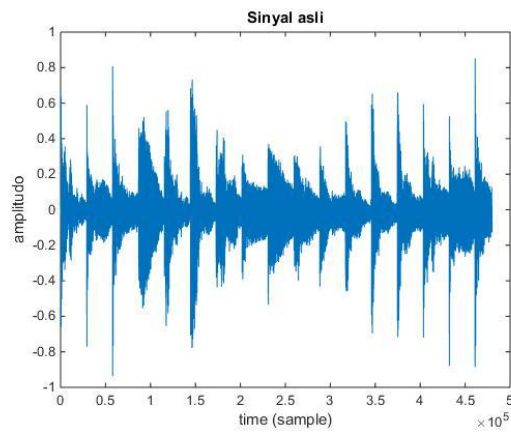
Hasil dari semua data pengujian kinerja metode Elman Elman pada kelompok data 1 dapat dilihat pada tabel 4.30.

Tabel 4.30 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

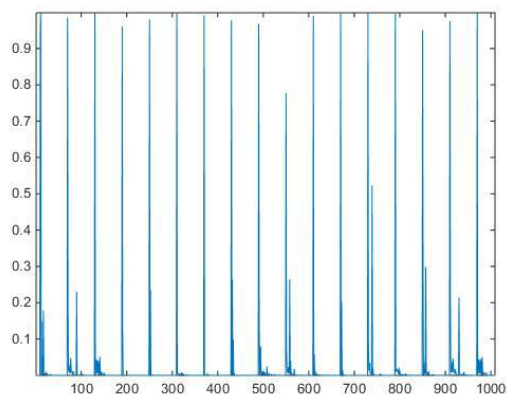
No	Nama Data	Instrumen	NTP	NFP	NF N	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x6 - Saron Slendro	Saron	10	2	0	83.3	100	90.8
2	x11 - Saron Slendro	Saron	13	0	0	100	100	100
3	x16- bonang pelog	Bonang	17	1	0	94.4	100	97.1

No	Nama Data	Instrumen	NTP	NFP	NF N	P	R	<i>F- Measure</i>
4	X21-demung slendro	Demung	25	11	0	69.4	100	81.9
5	X-26 peking slendro	Peking	50	28	0	64.1	100	78.1

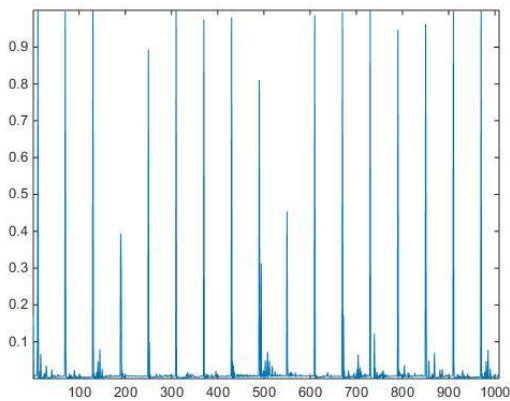
Pada pengujian kelompok data 1 dengan menggunakan fitur bark dengan satu pukulan tiap notasi pada satu instrumen yang sama dihasilkan nilai F-measure tertinggi pada kelompok nada saron dengan tingkat keberhasilan deteksi mencapai 100%. Nilai terendah pada kelompok nada peking dengan tingkat keberhasilan 78.1%. Pada pengujian menggunakan skala bark ini dihasilkan nilai F-measure yang lebih baik pada instrumen bonang apabila dibandingkan dengan menggunakan skala Mel. Hal ini dikarenakan pada skala bark digunakan pembagian skala sebanyak 24 skala sedangkan pada skala Mel digunakan 40 skala fitur yang disesuaikan dengan tingkat persepsi pendengaran manusia. Pada instrumen bonang yang memiliki magnitudo yang rendah, skala bark dengan 24 pembagian skala menghasilkan deteksi sistem yang lebih peka terhadap magnitudo rendah sehingga instrumen bonang pada skala Bark memiliki nilai F-measure yang lebih baik yaitu 97.1% bila dibandingkan dengan skala Mel sebelumnya yang hanya 87.3%. Sinyal asli instrumen bonang ditunjukkan pada gambar 4.66. Hasil output jaringan instrumen bonang pada skala Bark ditunjukkan pada gambar 4.67. Apabila dibandingkan dengan instrumen bonang pada skala Mel seperti pada gambar 4.68, dapat dilihat jika output sistem pada instrumen bonang dengan menggunakan skala Bark memiliki nilai magnitudo yang lebih tinggi sehingga puncak onset yang terdeteksi oleh sistem lebih baik daripada sistem yang menggunakan fitur skala Mel.



Gambar 4.66. Sinyal asli data x16 instrumen bonang



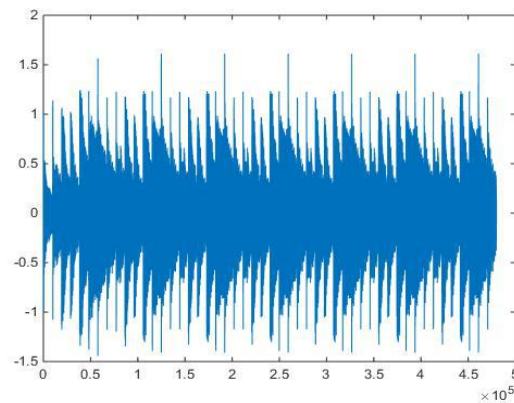
Gambar 4.67. Output jaringan instrumen bonang dengan skala Bark



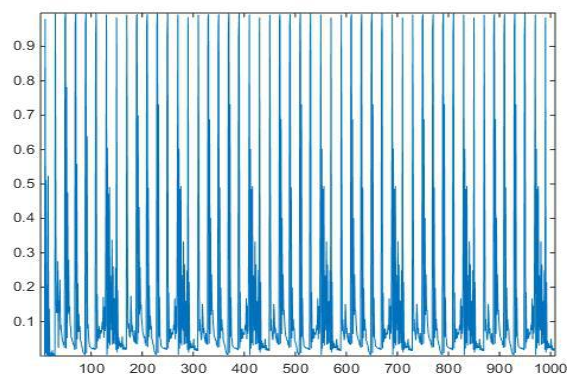
Gambar 4.68. Output jaringan instrumen bonang dengan skala Mel

Hasil yang berbeda terlihat pada instrumen peking. dimana pada saat menggunakan skala Mel memiliki nilai F-measure yang tinggi yaitu 98.9%.

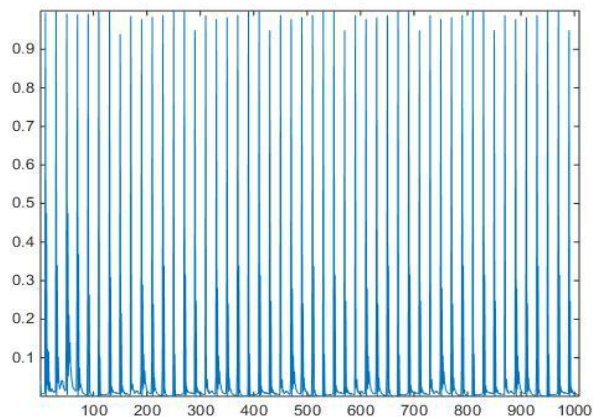
namun pada saat menggunakan skala Bark nilai F-measurenya menjadi 78.1%. Hal ini disebabkan oleh skala Bark yang lebih sensitif terhadap magnitudo pada setiap perubahan tempo sinyal. Sinyal peking seperti pada gambar 4.69 memiliki perubahan tempo yang lebih rapat dan magnitudo yang tinggi. Seperti ditunjukkan pada gambar 4.70 skala Bark pada instrumen peking mendeteksi puncak onset lebih banyak daripada skala Mel seperti pada gambar 4.71. Kesalahan deteksi ini terjadi karena perubahan tempo yang rapat pada instrumen peking dan skala Bark yang lebih sensitif terhadap magnitudo sehingga skala Bark mendeteksi puncak yang bukan onset sebagai onset.



Gambar 4.69. Sinyal Peking



Gambar 4.70. Output jaringan instrumen peking dengan skala Bark



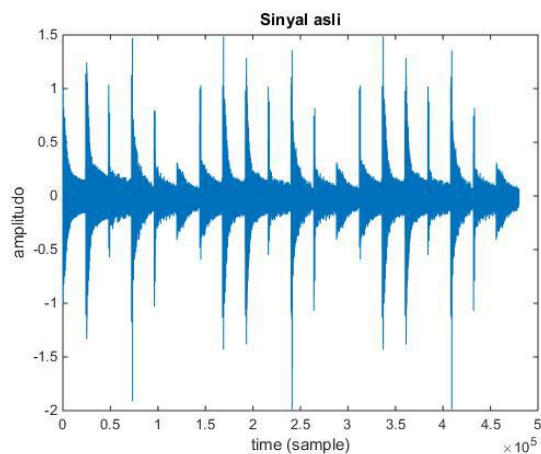
Gambar 4.71. Output jaringan instrumen peking dengan skala Mel

4.5.2 Kinerja Metode Elman pada Lagu Semi-Sintesis Kelompok 2

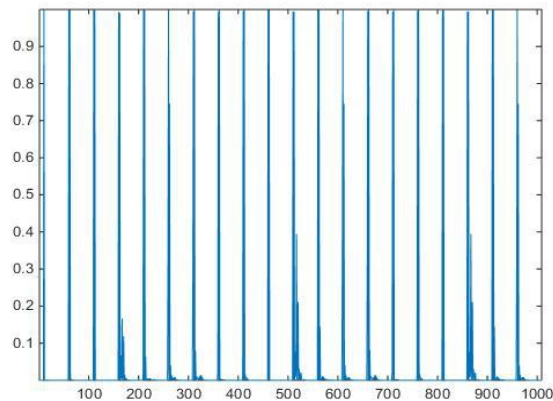
Hasil pengujian masing-masing data pada kelompok data 2 adalah sebagai berikut :

a) Hasil pengujian 1

Pengujian 1 dilakukan pada data x31 - Saron Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.72 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.73.



Gambar 4.72. Sinyal asli



Gambar 4.73. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.31.

Tabel 4.31 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x31 - Saron Pelog	Saron	39	0	0	970	100	100	100

Dari tabel 4.31 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{39 + 970}{39 + 0 + 0 + 970} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$Precision = \frac{39}{39 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

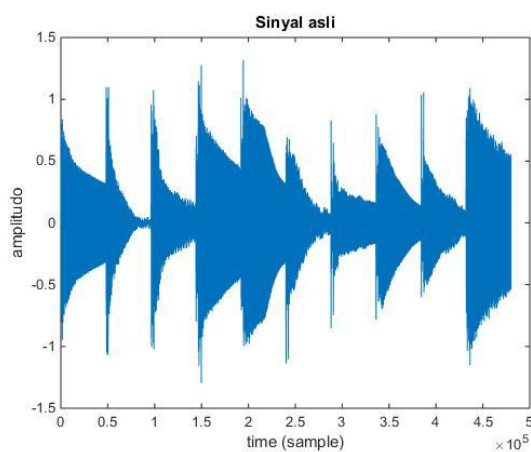
$$Recall = \frac{39}{39 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 1 \times 1}{1 + 1} = 1 \times 100\% = 100\%$$

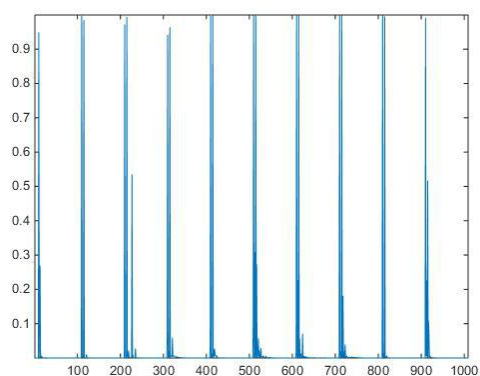
Pada pengujian data x31 - Saron Pelog dihasilkan nilai akurasi 100%, presisi 100% , recall 100% dan nilai F-measure 100%. Hal ini membuktikan bahwa metode Elman Recurrent Neural Network berhasil mendeteksi onset dengan akurasi yang baik.

b) Hasil pengujian 2

Pengujian 2 dilakukan pada data x42- Saron Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.74 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.75.



Gambar 4.74. Sinyal asli



Gambar 4.75. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.32.

Tabel 4.32 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x42- Saron Pelog	Saron	19	1	0	989	95	100	97.4

Dari tabel 4.32 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{19 + 989}{19 + 1 + 0 + 989} = 0.999 \times 100\% = 99.9\%$$

$$Precision = \frac{19}{19 + 1} = 0.95 \times 100\% = 95\%$$

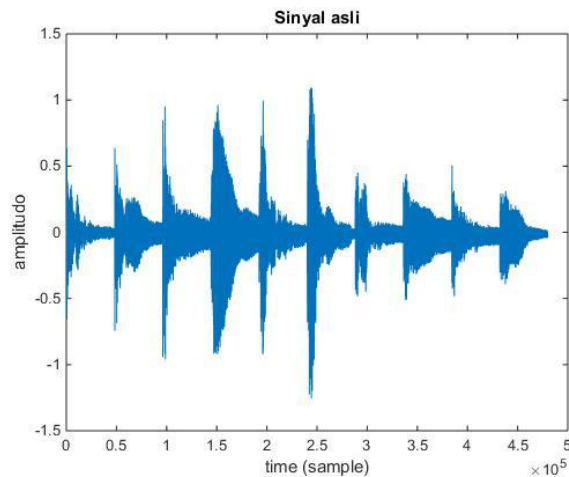
$$Recall = \frac{19}{19 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.95 \times 1}{0.95 + 1} = 0.974 \times 100\% = 97.4\%$$

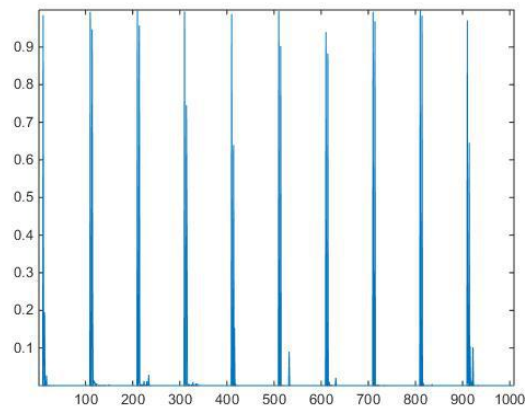
Pada pengujian data x42- Saron Pelog dihasilkan nilai akurasi 99.9%, presisi 95% , recall 100% dan nilai F-measure 97.4%.

c) Hasil pengujian 3

Pengujian 3 dilakukan pada data X47- bonang pelog Tampilan sinyal asli pada gambar 4.76 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.76.



Gambar 4.76. Sinyal asli



Gambar 4.77. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.33.

Tabel 4.33 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X47- bonang pelog	Bonang	19	0	0	990	100	100	100

Dari tabel 4.33 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{19 + 990}{19 + 0 + 0 + 990} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$Precision = \frac{19}{19 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

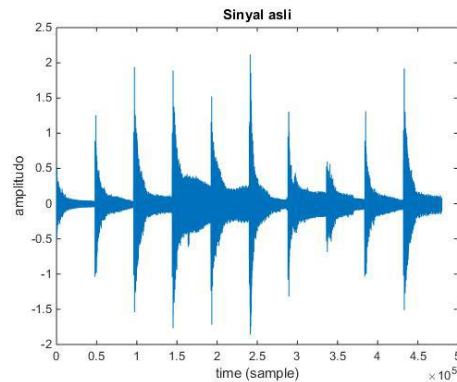
$$Recall = \frac{19}{19 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 1 \times 1}{1 + 1} = 1 \times 100\% = 100\%$$

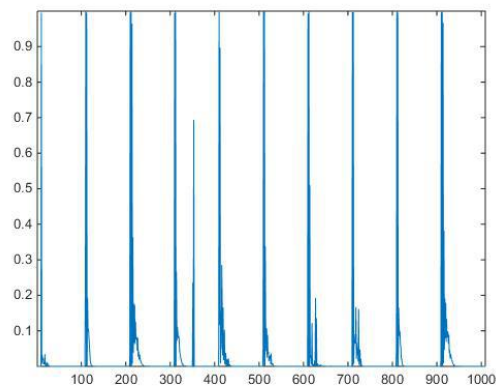
Pada pengujian data X47- bonang pelog dihasilkan nilai akurasi 100%, presisi 100% , recall 100% dan nilai F-measure 100%.

d) Hasil pengujian 4

Pengujian 4 dilakukan pada data X52- demung slendro Tampilan sinyal asli pada gambar 4.78 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.79.



Gambar 4.78. Sinyal asli



Gambar 4.79. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.34.

Tabel 4.34 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X52- demung slendro	Demung	19	4	0	986	82.6	100	90.5

Dari tabel 4.34 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{19 + 986}{19 + 4 + 0 + 986} = 0.996 \times 100\% = 99.6\%$$

$$Precision = \frac{19}{19 + 4} = 0.826 \times 100\% = 82.6\%$$

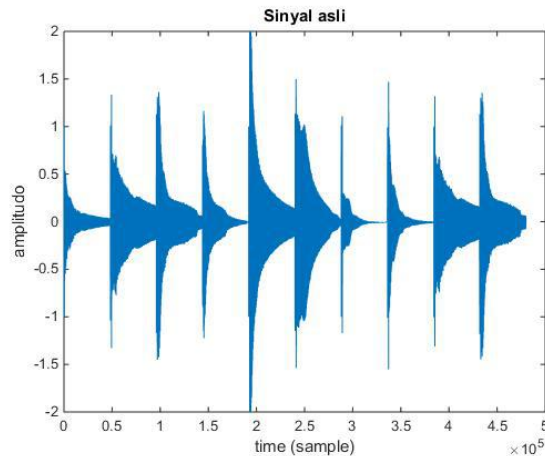
$$Recall = \frac{19}{19 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.826 \times 1}{0.826 + 1} = 0.905 \times 100\% = 90.5\%$$

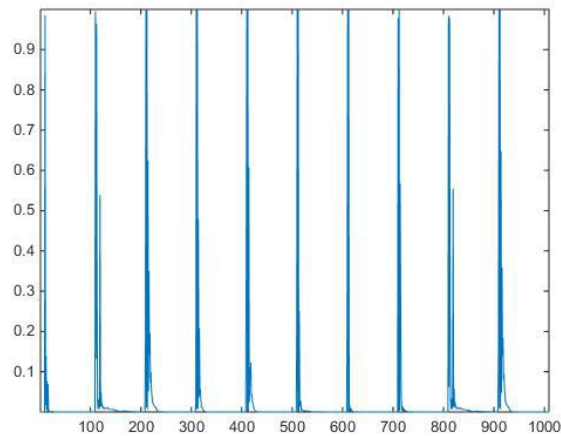
Pada pengujian data X52- demung slendro dihasilkan nilai akurasi 99.6%, presisi 82.6% , recall 100% dan nilai F-measure 90.5%.

e) Hasil pengujian 5

Pengujian 5 dilakukan pada data X58- peking slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.80 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.81.



Gambar 4.80. Sinyal asli



Gambar 4.81. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.35.

Tabel 4.35 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X58- peking slendro	Peking	19	6	0	984	76	100	86.4

Dari tabel 4.35 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{19 + 984}{19 + 6 + 0 + 984} = 0.994 \times 100\% = 99.4\%$$

$$Precision = \frac{19}{19 + 6} = 0.76 \times 100\% = 76\%$$

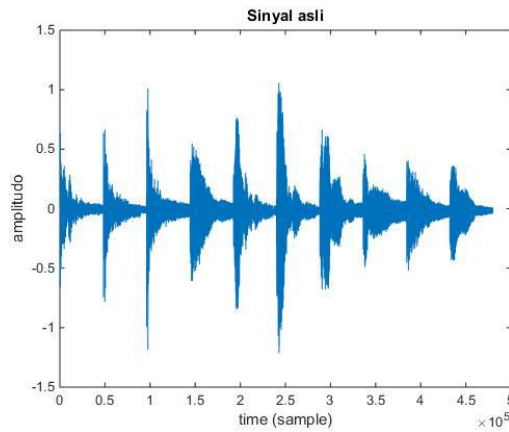
$$Recall = \frac{19}{19 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.76 \times 1}{0.76 + 1} = 0.864 \times 100\% = 86.4\%$$

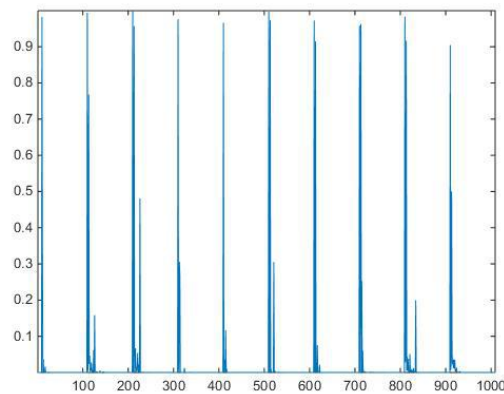
Pada pengujian data X58- peking slendro dihasilkan nilai akurasi 99.4%, presisi 76% , recall 100% dan nilai F-measure 86.4%.

f) Hasil pengujian 6

Pengujian 6 dilakukan pada data X105- bonang pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.82 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.83.



Gambar 4.82. Sinyal asli



Gambar 4.83. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.36.

Tabel 4.36 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X105-bonang pelog	Bonang	16	0	3	990	100	84.2	91.4

Dari tabel 4.36 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{16 + 990}{16 + 0 + 3 + 990} = 0.997 \times 100\% = 99.7\%$$

$$Precision = \frac{16}{16 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$Recall = \frac{16}{16 + 3} = 0.842 \times 100\% = 84.2\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.842 \times 1}{0.842 + 1} = 0.914 \times 100\% = 91.4\%$$

Pada pengujian data X105- bonang pelog dihasilkan nilai akurasi 99.7%. presisi 100% , recall 84.2% dan nilai F-measure 91.4%.

Hasil dari semua data pengujian kinerja metode Elman Elman pada kelompok data 2 yaitu deteksi onset pada lagu semi-sintesis dengan dua pukulan onset pada satu instrumen yang sama dapat dilihat pada tabel 4.37.

Tabel 4.37. Kinerja Metode Elman Elman pada kelompok data 2

No	Nama Data	Instrumen	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x31 - Saron Pelog	Saron	100	100	100
2	x42- Saron Pelog	Saron	95	100	97.4
3	X47- bonang pelog	Bonang	100	100	100
4	X52-demung slendro	Demung	82.6	100	90.5
5	X58- peking slendro	Peking	76	100	86.4
6	X105- bonang pelog	Bonang	100	84.2	91.4

Pada pengujian kelompok data 2 dengan menggunakan dua pukulan onset pada satu instrumen yang sama dihasilkan nilai F-measure tertinggi pada

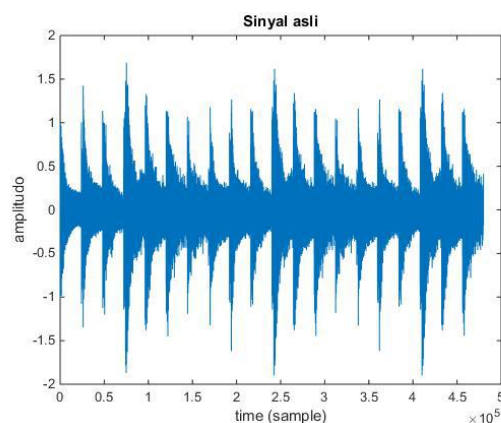
kelompok nada saron dengan tingkat keberhasilan deteksi mencapai 100% dan juga pada kelompok nada bonang dengan tingkat keberhasilan 100%. Nilai terendah pada kelompok nada peking dengan tingkat keberhasilan 86.4%. Hal ini dikarenakan sinyal pada instrumen peking memiliki perubahan tempo yang lebih rapat dan magnitudo yang tinggi. Kesalahan deteksi ini terjadi karena perubahan tempo yang rapat pada instrumen peking dan skala Bark yang lebih sensitif terhadap magnitudo sehingga skala Bark mendeteksi puncak yang bukan onset sebagai onset. Namun, skala Bark memiliki kelebihan pada deteksi sinyal dengan magnitudo rendah seperti pada sinyal instrumen bonang yang sebelumnya pada skala Mel nilai F-measurenya 68.7% menjadi 100% pada pengujian menggunakan skala Bark.

4.5.3 Kinerja Metode Elman pada Lagu Semi-Sintesis Kelompok 3

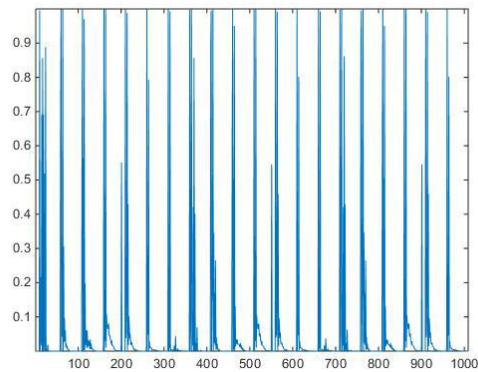
Hasil pengujian masing-masing data pada kelompok data 3 adalah sebagai berikut :

a) Hasil pengujian 1

Pengujian 1 dilakukan pada data x62 - Demung Slendro, Saron Slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.84 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.85.



Gambar 4.84. Sinyal asli



Gambar 4.85. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.38.

Tabel 4.38 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x62 - Demung Slendro, Saron Slendro	Demung, Saron	39	21	0	949	65	100	78.7

Dari tabel 4.38 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{39 + 949}{39 + 21 + 0 + 949} = 0.979 \times 100\% = 97.9\%$$

$$Precision = \frac{39}{39 + 21} = 0.65 \times 100\% = 65\%$$

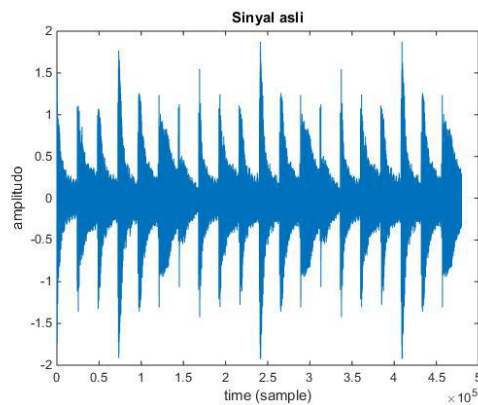
$$Recall = \frac{39}{39 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.65 \times 1}{0.65 + 1} = 0.787 \times 100\% = 78.7\%$$

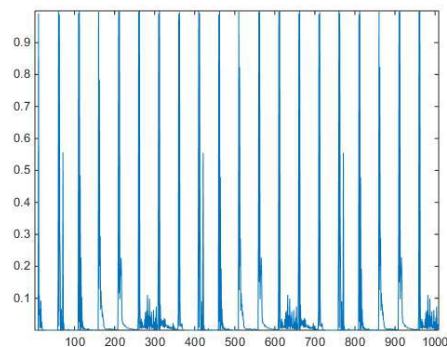
Pada pengujian data x62 - Demung Slendro, Saron Slendro dihasilkan nilai akurasi 97.9%. presisi 65% , recall 100% dan nilai F-measure 78.7%.

b) Hasil pengujian 2

Pengujian 2 dilakukan pada data x67- Saron Slendro, Peking Slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.86 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.87.



Gambar 4.86. Sinyal asli



Gambar 4.87. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.39.

Tabel 4.39 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x67- Saron Slendro, Peking Slendro	Saron, Peking	39	3	0	967	92.8	100	96.2

Dari tabel 4.39 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{39 + 967}{39 + 3 + 0 + 967} = 0.997 \times 100\% = 99.7\%$$

$$Precision = \frac{39}{39 + 3} = 0.928 \times 100\% = 92.8\%$$

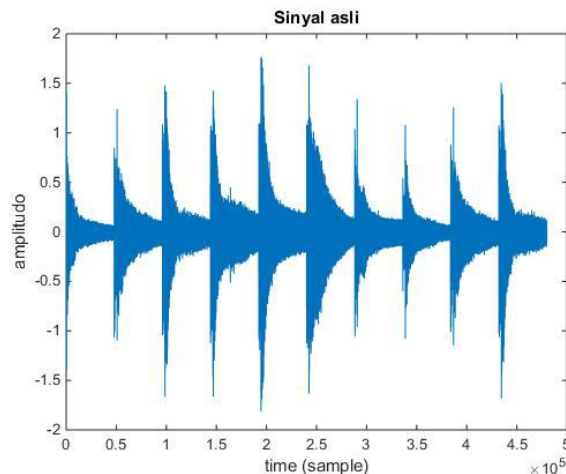
$$Recall = \frac{39}{39 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.928 \times 1}{0.928 + 1} = 0.962 \times 100\% = 96.2\%$$

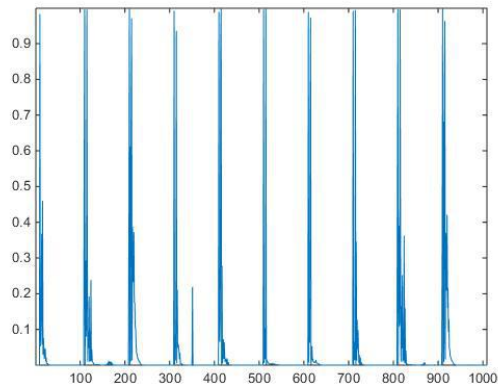
Pada pengujian data x67- Saron Slendro, Peking Slendro dihasilkan nilai akurasi 99.7%, presisi 92.8% , recall 100% dan nilai F-measure 96.2%.

c) Hasil pengujian 3

Pengujian 3 dilakukan pada data x78- Demung Slendro, Peking Slendro. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.88 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.89.



Gambar 4.88. Sinyal asli



Gambar 4.89. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.40.

Tabel 4.40 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X78- Demung Slendro, Peking Slendro	Demung, Peking	19	8	0	982	70.3	100	82.5

Dari tabel 4.40 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{19 + 982}{19 + 8 + 0 + 982} = 0.992 \times 100\% = 99.2\%$$

$$Precision = \frac{19}{19 + 8} = 0.703 \times 100\% = 70.3\%$$

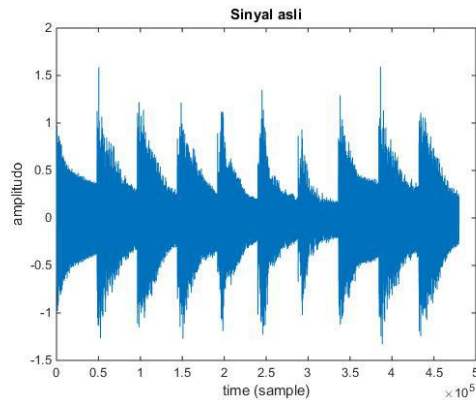
$$Recall = \frac{19}{19 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.703 \times 1}{0.703 + 1} = 0.825 \times 100\% = 82.5\%$$

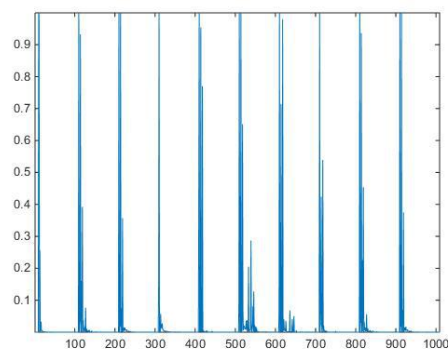
Pada pengujian data x78- Demung Slendro, Peking Slendro dihasilkan nilai akurasi 99.2%. presisi 70.3% , recall 100% dan nilai F-measure 82.5%.

d) Hasil pengujian 4

Pengujian 4 dilakukan pada data x83- Saron Pelog, Bonang Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.90 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.91.



Gambar 4.90. Sinyal asli



Gambar 4.91. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.41.

Tabel 4.41 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X83- Saron Pelog, Bonang Pelog	Saron, Bonang	17	5	2	985	77.3	89.5	82.9

Dari tabel 4.41 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{17 + 985}{17 + 5 + 2 + 985} = 0.993 \times 100\% = 99.3\%$$

$$Precision = \frac{17}{17 + 5} = 0.773 \times 100\% = 77.3\%$$

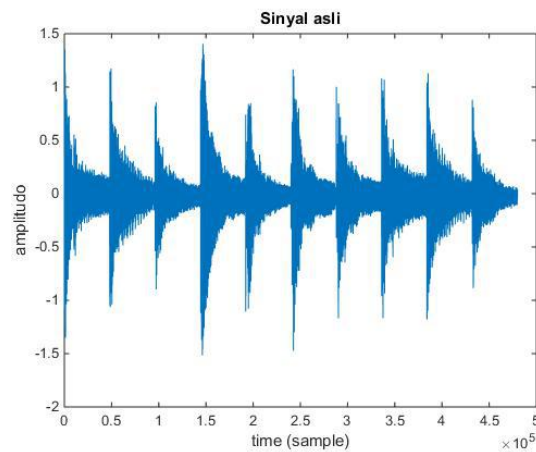
$$Recall = \frac{17}{17 + 2} = 0.895 \times 100\% = 89.5\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.773 \times 0.895}{0.773 + 0.895} = 0.829 \times 100\% = 82.9\%$$

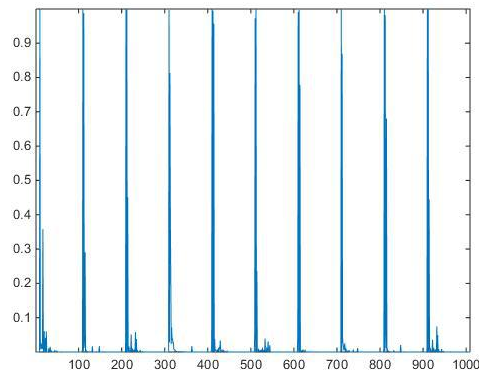
Pada pengujian data x83- Saron Pelog, Bonang Pelog dihasilkan nilai akurasi 99.2%, presisi 70.3% , recall 100% dan nilai F-measure 82.5%.

e) Hasil pengujian 5

Pengujian 5 dilakukan pada data x88- Saron Slendro, Bonang Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.92 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.93.



Gambar 4.92 Sinyal asli



Gambar 4.93. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.42.

Tabel 4.42 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X88- Saron Slendro, Bonang Pelog	Saron, Bonang	19	3	0	987	86.4	100	92.7

Dari tabel 4.42 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{19 + 987}{19 + 3 + 0 + 987} = 0.997 \times 100\% = 99.7\%$$

$$Precision = \frac{19}{19 + 3} = 0.864 \times 100\% = 86.4\%$$

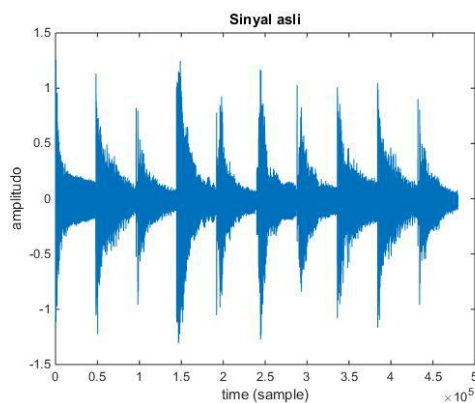
$$Recall = \frac{19}{19 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.864 \times 1}{0.864 + 1} = 0.927 \times 100\% = 92.7\%$$

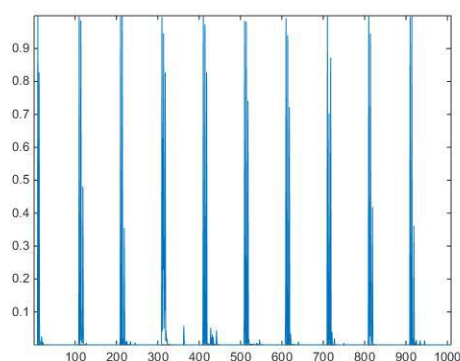
Pada pengujian data x88- Saron Slendro, Bonang Pelog dihasilkan nilai akurasi 99.7%. presisi 86.4% , recall 100% dan nilai F-measure 92.7%.

f) Hasil pengujian 6

Pengujian 6 dilakukan pada data x89- Saron Slendro, Bonang Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.94 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.95.



Gambar 4.94 Sinyal asli



Gambar 4.95. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.43.

Tabel 4.43 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	X89- Saron Slendro, Bonang Pelog	Saron, Bonang	19	7	0	983	73	100	84.4

Dari tabel 4.43 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{19 + 983}{19 + 7 + 0 + 983} = 0.993 \times 100\% = 99.3\%$$

$$Precision = \frac{19}{19 + 7} = 0.73 \times 100\% = 73\%$$

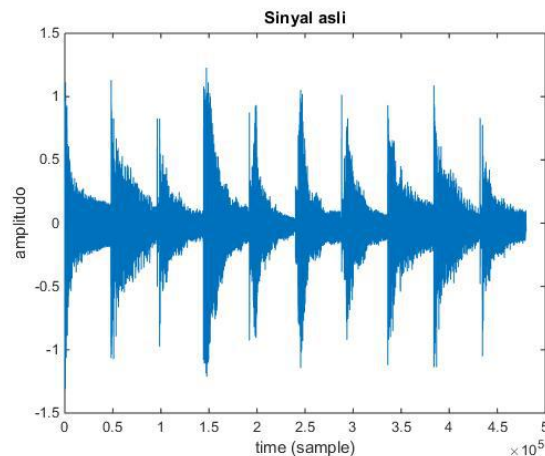
$$Recall = \frac{19}{19 + 0} = 1 \times 100\% = 100\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.73 \times 1}{0.73 + 1} = 0.844 \times 100\% = 84.4\%$$

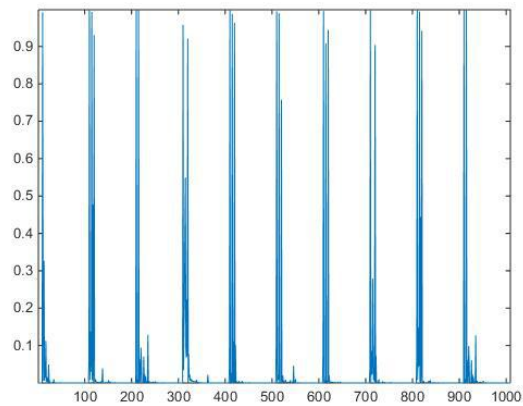
Pada pengujian data x89- Saron Slendro, Bonang Pelog dihasilkan nilai akurasi 99.3%. presisi 73% , recall 100% dan nilai F-measure 84.4%.

g) Hasil pengujian 7

Pengujian 7 dilakukan pada data x90- Saron Slendro, Bonang Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.96 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.97.



Gambar 4.96 Sinyal asli



Gambar 4.97. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.44.

Tabel 4.44 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x90- Saron Slendro, Bonang Pelog	Saron, Bonang	18	7	1	983	72	94.7	81.8

Dari tabel 4.44 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{18 + 983}{18 + 7 + 1 + 983} = 0.992 \times 100\% = 99.2\%$$

$$Precision = \frac{18}{18 + 7} = 0.72 \times 100\% = 72\%$$

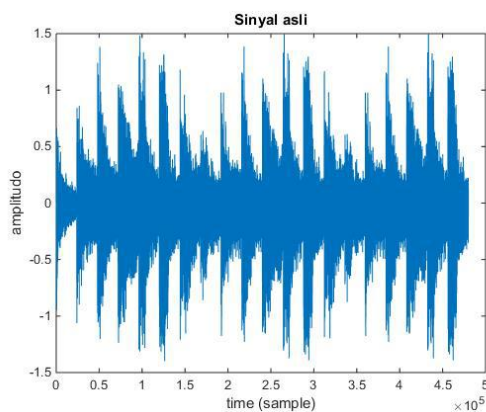
$$Recall = \frac{18}{18 + 1} = 0.947 \times 100\% = 94.7\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.72 \times 0.947}{0.72 + 0.947} = 0.818 \times 100\% = 81.8\%$$

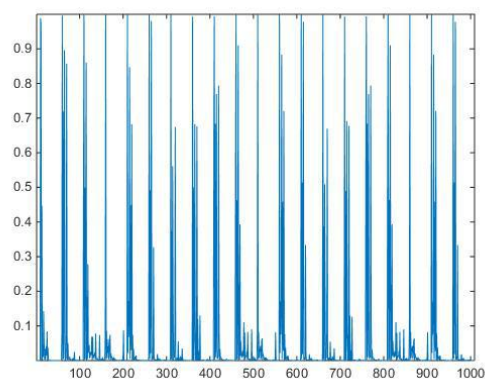
Pada pengujian data x90- Saron Slendro, Bonang Pelog dihasilkan nilai akurasi 99.2%, presisi 72% , recall 94.7% dan nilai F-measure 81.8%.

h) Hasil pengujian 8

Pengujian 8 dilakukan pada data x93- Demung Slendro, Bonang Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.98 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.99.



Gambar 4.98 Sinyal asli



Gambar 4.99. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.45.

Tabel 4.45 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x93- Demung Slendro, Bonang Pelog	Demung, Bonang	34	24	5	946	58.6	87.1	70

Dari tabel 4.45 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{34 + 946}{34 + 24 + 5 + 946} = 0.971 \times 100\% = 97.1\%$$

$$Precision = \frac{34}{34 + 24} = 0.586 \times 100\% = 58.6\%$$

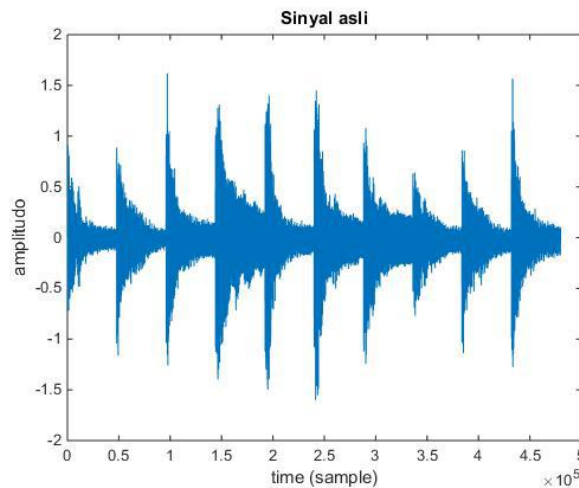
$$Recall = \frac{34}{34 + 5} = 0.871 \times 100\% = 87.1\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.586 \times 0.871}{0.586 + 0.871} = 0.7 \times 100\% = 70\%$$

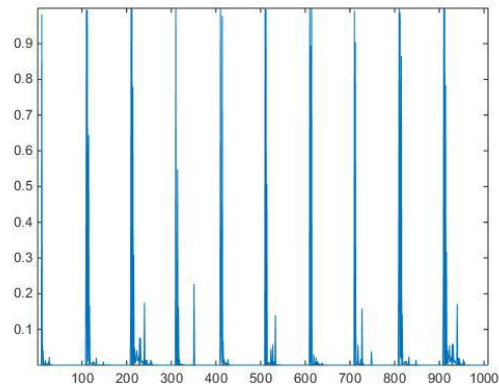
Pada pengujian data x93- Demung Slendro, Bonang Pelog dihasilkan nilai akurasi 97.1%, presisi 58.6% , recall 87.1% dan nilai F-measure 70%.

i) Hasil pengujian 9

Pengujian 9 dilakukan pada data x94- Demung Slendro, Bonang Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.100 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.101.



Gambar 4.98 Sinyal asli



Gambar 4.99. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.46.

Tabel 4.46 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x94-Demung Demung Slendro, Bonang Pelog	Demung, Bonang	17	8	2	982	68	89.5	77.3

Dari tabel 4.46 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{17 + 982}{17 + 8 + 2 + 982} = 0.99 \times 100\% = 99\%$$

$$Precision = \frac{17}{17 + 8} = 0.68 \times 100\% = 68\%$$

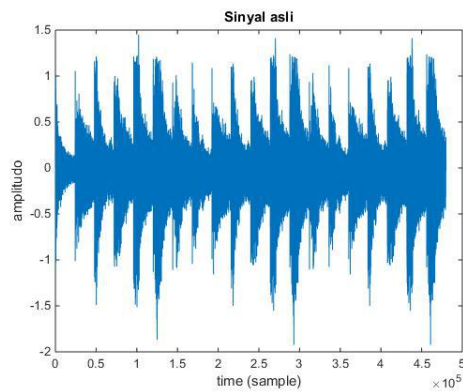
$$Recall = \frac{17}{17 + 2} = 0.895 \times 100\% = 89.5\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.68 \times 0.895}{0.68 + 0.895} = 0.773 \times 100\% = 77.3\%$$

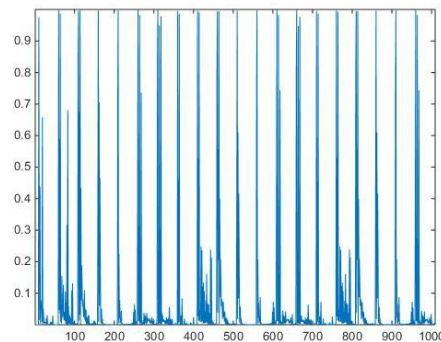
Pada pengujian data x94- Demung Slendro, Bonang Pelog dihasilkan nilai akurasi 99%, presisi 68% , recall 89.5% dan nilai F-measure 77.3%.

j) Hasil pengujian 10

Pengujian 10 dilakukan pada data x98- Peking Slendro, Bonang Pelog. Tampilan sinyal asli pada gambar 4.102 dan hasil output jaringan dapat dilihat pada gambar 4.103.



Gambar 4.102 Sinyal asli



Gambar 4.103. Output Jaringan

Hasil pengujian kinerja jaringan menggunakan F-measure dapat dilihat pada tabel 4.47.

Tabel 4.47 Kinerja Metode Elman pada nada tunggal satu instrumen

No	Nama Data	Instrumen	TP	FP	FN	TN	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x98- Peking Slendro, Bonang Pelog	Peking, Bonang	33	24	6	946	57.9	84.6	68.7

Dari tabel 4.47 dapat dihitung nilai akurasi, recall, presisi dan F-measure sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{33 + 946}{33 + 24 + 6 + 946} = 0.97 \times 100\% = 97\%$$

$$Precision = \frac{33}{33 + 24} = 0.579 \times 100\% = 57.9\%$$

$$Recall = \frac{33}{33 + 6} = 0.846 \times 100\% = 84.6\%$$

$$F - measure = \frac{2 \times 0.579 \times 0.846}{0.579 + 0.846} = 0.687 \times 100\% = 68.7\%$$

Pada pengujian data x98- Peking Slendro, Bonang Pelog dihasilkan nilai akurasi 99%, presisi 68% , recall 89.5% dan nilai F-measure 77.3%.

Hasil uji coba kinerja metode Elman pada kelompok 3, yaitu deteksi onset pada lagu semi-sintesis dengan dua instrumen yang berbeda dapat dilihat pada tabel 4.48.

Tabel 4.48. Kinerja Metode Elman pada lagu semi-sintesis dua instrumen yang berbeda

No	Nama Data	Instrumen	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x62	Demung Slendro. Saron Slendro	65	100	78.7
2	x67	Saron Slendro. Peking Slendro	92.8	100	96.2
3	X78	Demung Slendro. Peking Slendro	70.3	100	82.5
4	X83	Saron Pelog. Bonang Pelog	77.3	89.5	82.9

No	Nama Data	Instrumen	P	R	<i>F-Measure</i>
5	X88	Saron Slendro. Bonang Pelog	86.4	100	92.7
6	X89	Saron Slendro. Bonang Pelog	73	100	84.4
7	X90	Saron Slendro. Bonang Pelog	72	94.7	81.8
8	X93	Demung Slendro. Bonang Pelog	58.6	87.1	70
9	X94	Demung Slendro. Bonang Pelog	68	89.5	77.3
10	X98	Peking Slendro. Bonang Pelog	57.9	84.6	68.7

Pada pengujian kelompok data 3 dengan menggunakan dua instrumen yang berbeda dihasilkan nilai F-measure tertinggi pada kelompok nada gabungan dari demung saron dengan tingkat keberhasilan deteksi mencapai 96.2%. Nilai terendah pada kelompok nada gabungan peking dan bonang dengan tingkat keberhasilan 68.7%. Hal ini disebabkan oleh skala Bark yang lebih sensitif terhadap perubahan magnitudo pada setiap perubahan tempo sinyal. Sinyal peking memiliki tempo yang lebih rapat dan magnitudo yang tinggi seperti pada gambar sehingga sistem kesulitan dalam mendeteksi puncak onset daripada jika menggunakan fitur skala Mel.

4.6 Perbandingan Hasil Pengujian Skala Mel dan Skala Bark

Pada bagian ini akan dibandingkan hasil pengujian dalam F-measure dari skala Mel dan skala Bark

4.6.1 Perbandingan Hasil Skala Mel dan Skala Bark pada Kelompok 1

Perbandingan hasil uji coba kinerja metode Elman pada deteksi onset nada tunggal satu instrumen dengan skala Mel dan skala Bark dapat dilihat pada tabel 4.49.

Tabel 4.49 Perbandingan kinerja pada fitur Mel dan Bark pada data kelompok 1

No	Nama Data	Instrumen	<i>Mel F-Measure</i>	<i>Bark F-Measure</i>
1	x6 - Saron Slendro	Saron	100	90.8
2	x11 - Saron Slendro	Saron	100	100
3	x16- bonang pelog	Bonang	87.4	97.1
4	X21-demung slendro	Demung	98	81.9
5	X-26 peking slendro	Peking	98.9	78.1
	Rata-rata		96.8	89.6

Pada data kelompok 1 yaitu sinyal suara dengan satu pukulan pada tiap ketukan diperoleh hasil F-measure terbaik pada pengujian menggunakan fitur skala Mel. dengan nilai rata-rata F-measure adalah 96.8%. Nilai terbaik pada pengujian menggunakan fitur Mel terdapat pada instrumen saron yang mencapai nilai 100%. Nilai terendah pada pengujian dengan fitur Mel terdapat pada instrumen bonang dengan hasil 87.4%. Pada pengujian menggunakan fitur skala Bark dihasilkan nilai rata-rata F-measure 89.6% dengan nilai terbaik terdapat pada pengujian dengan instrumen saron dengan hasil 100%. Nilai terendah pada pengujian dengan menggunakan fitur Bark terdapat pada instrumen peking dengan nilai F-measure 78.1%

4.6.2 Perbandingan Hasil Skala Mel dan Skala Bark pada Kelompok 2

Perbandingan hasil uji coba kinerja metode Elman pada deteksi onset dengan dua ketukan pada satu instrumen dengan menggunakan fitur skala Mel dan skala Bark dapat dilihat pada tabel 4.50.

Tabel 4.50 Perbandingan kinerja pada fitur Mel dan Bark pada data kelompok 2

No	Nama Data	Instrumen	<i>Mel F-Measure</i>	<i>Bark F-Measure</i>
1	x31 - Saron Pelog	Saron	92.3	100
2	x42 - Saron Pelog	Saron	95	97.4
3	X47- bonang pelog	Bonang	68.7	100
4	X52-demung slendro	Demung	90.5	90.5
5	X58- peking slendro	Peking	94.9	86.4
6	X105- bonang pelog	Bonang	62.1	91.4
	Rata-rata		83.9	94.2

Pada data kelompok 2 yaitu sinyal suara dengan dua pukulan yang hampir bersamaan pada satu instrumen yang sama. diperoleh hasil F-measure terbaik pada pengujian menggunakan fitur skala Bark. dengan nilai rata-rata F-measure adalah 94.2%. Nilai terbaik pada pengujian menggunakan fitur Bark terdapat pada instrumen saron dan bonang yang mencapai nilai 100%. Nilai terendah pada pengujian dengan fitur Bark terdapat pada instrumen peking dengan hasil 86.4%. Pada pengujian menggunakan fitur skala Mel dihasilkan nilai rata-rata F-measure 83.9% dengan nilai terbaik terdapat pada pengujian dengan instrumen saron dengan hasil 95%. Nilai terendah pada pengujian dengan menggunakan fitur Mel terdapat pada instrumen bonang dengan nilai F-measure 62.1%. Pengujian ini skala Bark lebih unggul daripada skala Mel sebab skala Bark lebih sensitif terhadap magnitudo terutama magnitudo rendah seperti terdapat

pada instrumen bonang. sehingga nilai rata-rata F-measurenya lebih tinggi dibandingkan dengan skala Mel. Namun, skala Bark juga sensitif terhadap kerapatan tempo sinyal. hal tersebut menyebabkan nilai F-measurenya cenderung rendah pada instrumen Peking yang mempunyai tempo nada yang rapat dan magnitudo tinggi.

4.6.3 Perbandingan Hasil Skala Mel dan Skala Bark pada Kelompok 3

Perbandingan hasil uji coba kinerja metode Elman pada deteksi onset nada tunggal satu instrumen dengan skala Mel dan skala Bark dapat dilihat pada tabel 4.51.

Tabel 4.51 Perbandingan kinerja pada fitur Mel dan Bark pada data kelompok 3

No	Nama Data	Instrumen	<i>Mel F-Measure</i>	<i>Bark F-Measure</i>
1	x62	Demung Slendro, Saron Slendro	95	78.7
2	x67	Saron Slendro, Peking Slendro	96.3	96.2
3	X78	Demung Slendro, Peking Slendro	100	82.5
4	X83	Saron Pelog, Bonang Pelog	94.7	82.9
5	X88	Saron Slendro, Bonang Pelog	95	92.7
6	X89	Saron Slendro, Bonang Pelog	95	84.4
7	X90	Saron Slendro, Bonang Pelog	83.7	81.8
8	X93	Demung Slendro, Bonang Pelog	79.4	70
9	X94	Demung Slendro, Bonang Pelog	85.7	77.3
10	X98	Peking Slendro, Bonang Pelog	89.2	68.7
	Rata-rata		91.4	81.5

Pada data kelompok 3 yaitu sinyal suara dengan dua pukulan yang hampir bersamaan pada dua instrumen yang berbeda. diperoleh hasil F-measure

terbaik pada pengujian menggunakan fitur skala Mel. dengan nilai rata-rata F-measure adalah 91.4%. Nilai terbaik pada pengujian menggunakan fitur Mel terdapat pada instrumen gabungan demung dan peking yang mencapai nilai 100%. Nilai terendah pada pengujian dengan fitur Mel terdapat pada instrumen gabungan demung dan bonang dengan hasil 79.4%. Pada pengujian menggunakan fitur skala Bark dihasilkan nilai rata-rata F-measure 81.5% dengan nilai terbaik terdapat pada pengujian dengan instrumen gabungan saron dan peking dengan hasil 96.2%. Nilai terendah pada pengujian dengan menggunakan fitur Bark terdapat pada instrumen gabungan peking dan bonang dengan nilai F-measure 68.7%. Pada pengujian ini skala Mel lebih unggul daripada skala Bark sebab skala Bark lebih sensitif terhadap perubahan tempo yang rapat seperti terdapat pada instrumen peking. sehingga nilai rata-rata F-measure pada instrumen yang merupakan gabungan dengan instrumen peking hasil F-measurenya lebih rendah dibandingkan dengan hasil skala Mel.

4.7 Perbandingan Hasil Pengujian Metode Elman dan Spectral Flux

Pada bagian ini akan dibandingkan hasil pengujian dalam F-measure dari metode Elman dengan skala Mel dengan metode Spectral Flux.

Tabel 4.52 Perbandingan Kinerja Metode Elman dengan Spectral Flux

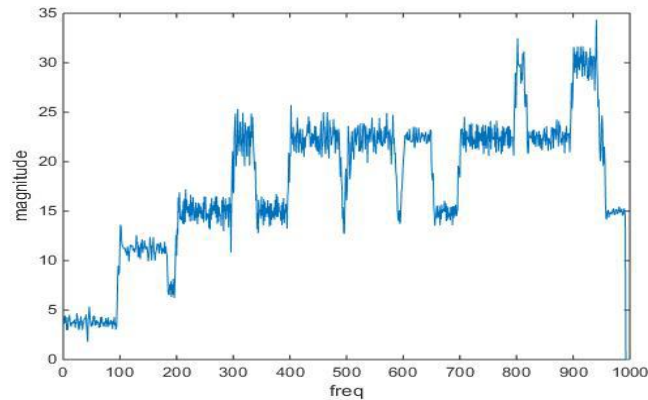
No	Nama Data	Instrumen	Spectral Flux <i>F-Measure</i>	Elman Mel <i>F-Measure</i>
1	x6 - Saron Slendro	Saron	88.8	100
2	x11 - Saron Slendro	Saron	91.8	100
3	x16- bonang pelog	Bonang	90.1	87.4
4	X21-demung slendro	Demung	88.8	98
5	X26- peking slendro	Peking	94.7	98.9
6	x31 - Saron Pelog	Saron	91.8	92.3

No	Nama Data	Instrumen	Spectral Flux F - <i>Measure</i>	Elman Mel F - <i>Measure</i>
7	x42 - Saron Pelog	Saron	88.8	95
8	X47- bonang pelog	Bonang	75	68.7
9	X52-demung slendro	Demung	88.8	90.5
10	X58- peking slendro	Peking	82.3	94.9
11	X105- bonang pelog	Bonang	66.6	62.1
12	x62	Demung Slendro, Saron Slendro	88.8	95
13	x67	Saron Slendro, Peking Slendro	94.7	96.3
14	X78	Demung Slendro, Peking Slendro	88.8	100
15	X83	Saron Pelog, Bonang Pelog	85.7	94.7
16	X88	Saron Slendro, Bonang Pelog	91.8	95
17	X89	Saron Slendro, Bonang Pelog	88.8	95
18	X90	Saron Slendro, Bonang Pelog	82.3	83.7
19	X93	Demung Slendro, Bonang Pelog	82.3	79.4

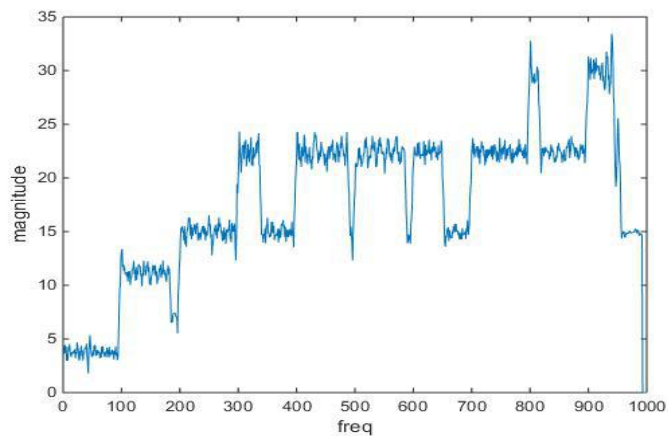
No	Nama Data	Instrumen	Spectral Flux <i>F-Measure</i>	Elman Mel <i>F-Measure</i>
20	X94	Demung Slendro,. Bonang Pelog	82.3	85.7
21	X98	Peking Slendro, Bonang Pelog	88.8	89.2

Dari hasil perbandingan kinerja metode Elman dengan metode spectral flux pada tabel 4.52 dapat dilihat bahwa metode elman memiliki tingkat akurasi F-measure tertinggi dengan nilai 100% pada data x6 dan x11 yang merupakan nada tunggal instrumen saron, sedangkan pada metode spectral flux hasil F-measure pada data x6 adalah 88.8% dan pada data x11 adalah 91.8%. Selisih nilai F-measure pada data x6 adalah 11.2 sedangkan pada data x11 adalah 8.2. Nilai F-measure tertinggi pada metode spectral flux terdapat pada data x26 yang merupakan nada tunggal instrumen peking dengan nilai F-measure 94.7%. Metode Elman lebih unggul pada mayoritas hasil pengujian kecuali pada x16, x47, x105 dan x93, dimana metode spectral flux lebih unggul dengan hasil F-measure yang lebih tinggi. Pada data x16, nilai F-measure spectral flux adalah 90.1% sedangkan metode Elman 87.4%. Pada data x47, nilai F-measure spectral flux adalah 75% sedangkan metode Elman 68.7%. Pada data x105, nilai F-measure spectral flux adalah 66.6% sedangkan metode Elman 62.1%. Pada data x93, nilai F-measure spectral flux adalah 82.3% sedangkan metode Elman 79.4%. Data tersebut adalah nada dari instrumen bonang. Instrumen bonang memiliki magnitudo yang lebih rendah dibandingkan dengan instrumen lainnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa metode spectral flux memiliki kelebihan pada deteksi sinyal dengan magnitudo rendah seperti pada sinyal instrumen bonang. Instrumen bonang memiliki nilai spectral flux yang rendah sebab magnitudo bonang lebih rendah dibandingkan instrumen lainnya. Representasi magnitude

instrumen bonang dapat dilihat pada grafik magnitude response. Contohnya, seperti pada gambar 4.104 dan 4.105.

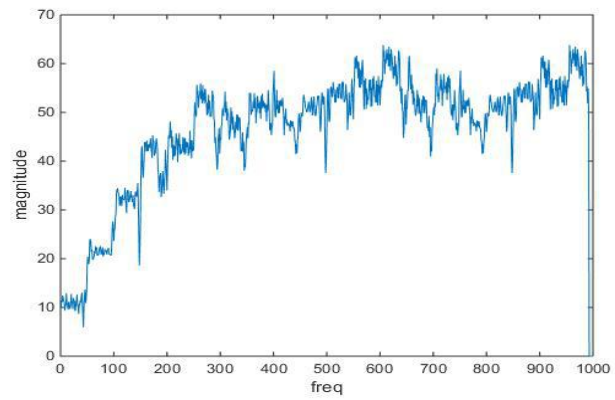


Gambar 4.104. Instrumen bonang pada data X47

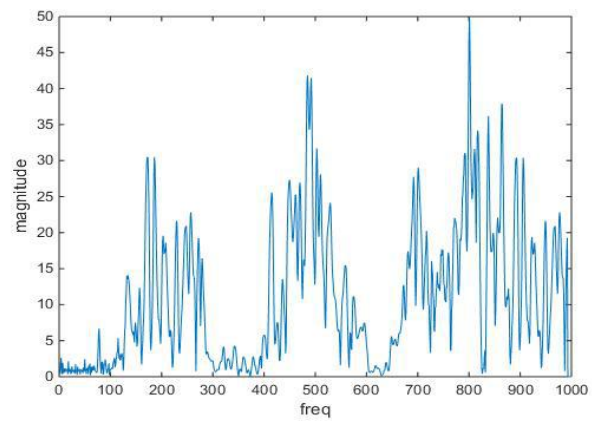


Gambar 4.105. Instrumen bonang pada data X105

Instrumen bonang pada data x47 dan x105 terlihat bahwa nilai maksimal magnitudenya hampir mencapai 35dB. Sedangkan jika dibandingkan dengan instrumen saron seperti pada gambar 4.106 data x86 dan pada gambar 4.107 data x11, diketahui bahwa nilai magnitude saron rata-rata lebih tinggi daripada instrumen bonang.



Gambar 4.106. Instrumen saron pada data X86



Gambar 4.107. Instrumen saron pada data X11

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab terakhir penelitian ini dibahas kesimpulan dan saran dari hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun kesimpulan dan saran ini bermanfaat bagi pengembangan penelitian selanjutnya.

5.1 KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu untuk pengujian deteksi onset dapat dilakukan dengan menggunakan metode Elman Network dengan menggunakan skala fitur yang berbeda yaitu skala Mel dan skala Bark. Hasil optimal diperoleh dari pengujian menggunakan skala Mel dengan rata-rata nilai F-measure pada pengujian data kelompok 1 mencapai 96.8% dan pada pengujian data kelompok 3 dengan nilai F-measure 91.4%. Skala Bark lebih optimal pada pengujian data kelompok 2 dengan nilai rata-rata F-measure adalah 94.2%. Keunggulan skala Bark ada pada pendeteksian sinyal magnitudo rendah seperti pada sinyal bonang. Namun, skala Bark kurang baik digunakan untuk instrumen peking yang memiliki karakteristik tempo yang lebih rapat daripada instrumen gamelan lainnya.

Pada perbandingan kinerja dengan spectral flux, metode elman memiliki tingkat akurasi tertinggi pada data x6 dan x11 yang merupakan nada tunggal instrumen saron dengan F-measure 100%. Metode spectral flux memiliki kinerja yang lebih baik pada data x16, x47, x105 dan x93 yang merupakan nada dengan instrumen bonang. Kinerja terburuk metode elman adalah pada data x105 yang merupakan nada dari instrumen bonang dengan nilai F-measure 62.1% sedangkan metode spectral flux memiliki kinerja lebih baik dengan nilai 66.6%.

5.2 SARAN

Saran yang bisa diterapkan untuk memperbaiki hasil penelitian maupun pengembangan ke depan yaitu dapat dilanjutkan dan dikembangkan menggunakan

jenis fitur lainnya dan juga dengan menggunakan sinyal musik real-time dengan metode *deep learning* lainnya

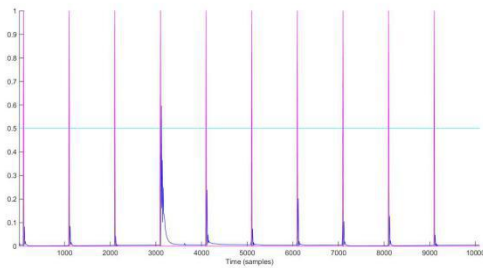
DAFTAR PUSTAKA

- Bello, J. P., Daudet, L., Abdallah, S., Duxbury, C., Davies, M., & Sandler, M. B. (2005). A Tutorial on Onset Detection in Music Signals. *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, 13(5), 1-13.
- Caetano, M., Burred, J.J., & Rodet, X. (2010). Automatic Segmentation of The Temporal Evolution of Isolated Acoustic Musical Instrument Sounds Using Spectro-Temporal Cues. *International Conference on Digital Audio Effects (DAFX-10)*, Graz, Austria, pp. 11-21.
- Eyben, F., Böck, S., Schuller, B., & Graves, A. (2010). Universal Onset Detection with Bidirectional Long Short-term Memory Neural Networks. *11th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR)*, 589-594.
- Holzapfel, A., Stylianou, Y., Gedik, A.C., & Bozkurt, B. (2010). Three Dimensions Of Pitched Instrument Onset Detection. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 18(6), 1517-1527.
- Marchi, E., Ferroni, G., Eyben, F., Gabrielli, L., Squartini, S., & Schuller, B. (2014). Multi-Resolution Linear Prediction Based Features For Audio Onset Detection With Bidirectional LSTM Neural Networks. *2014 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. <http://doi.org/10.1109/ICASSP.2014.6853982>
- R., Zhou., & J., Reiss. (2007). Music Onset Detection Combining Energy-Based and Pitch-Based Approaches. *MIREX 2007 Audio Onset Detection Contest*.
- Suprpto, Y.K. (2010). *Ekstraksi Suara Saron Berbasis Spectral-Density menggunakan Filter Multidimensi*. PhD. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wintarti, A. (2017). *Pemisahan Sinyal Instrumen Gamelan Menggunakan Metode-Metode Berbasis Independent Component Analysis*. PhD. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wulandari, D.P., Suprpto, Y.K., & Purnomo, M.H. (2012). Gamelan Music Onset Detection Using Elman Network. *2012 IEEE International Conference on Computational Intelligence for Measurement Systems and Applications (CIMSAS) Proceedings*, 91-96. <http://doi.org/10.1109/CIMSAS.2012.6269604>

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

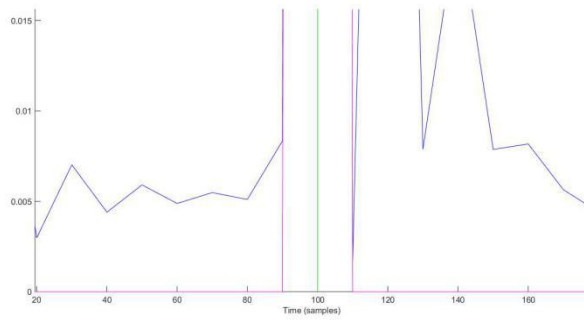
Data x6,
Plot output jaringan :



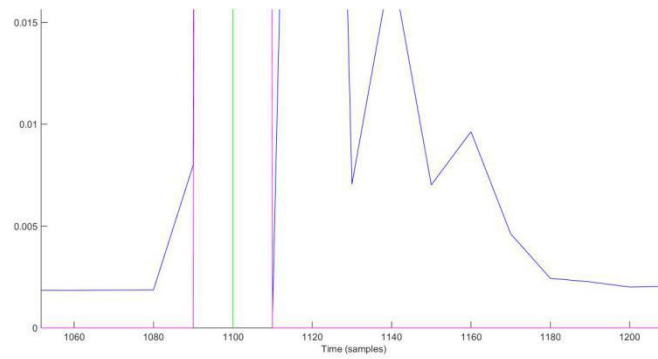
Ket :

- Output jaringan
- Target anotasi
- Threshold
- Onset

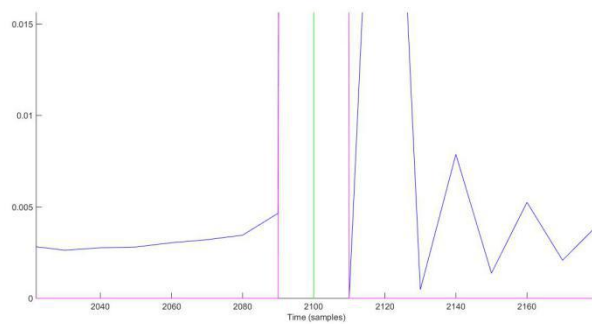
Plot hasil deteksi onset :
- onset 1



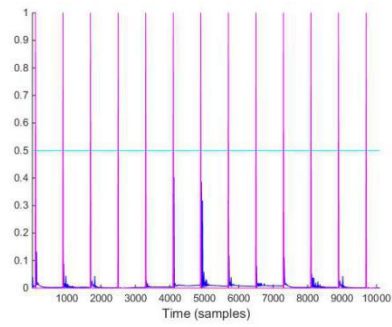
- onset 2



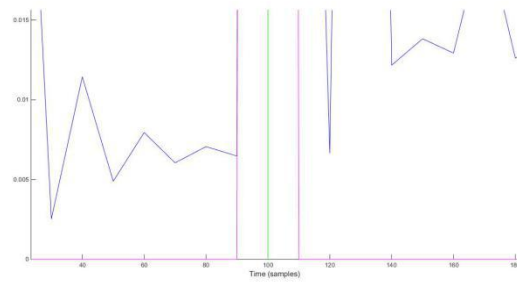
-onset 3



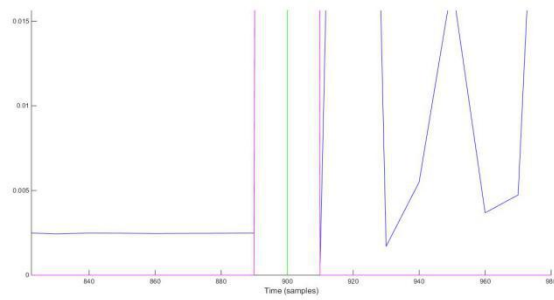
Data x11,
Plot output jaringan :



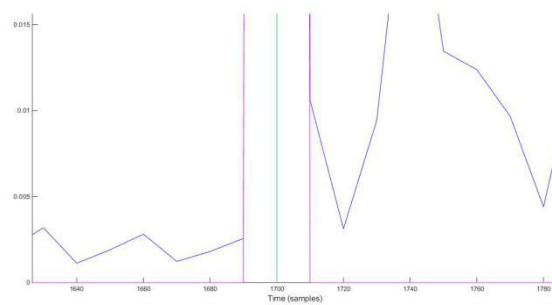
Plot hasil deteksi onset :
- onset 1



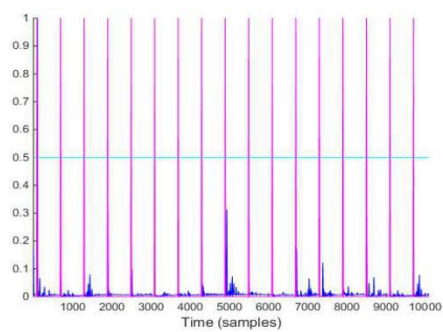
- onset 2



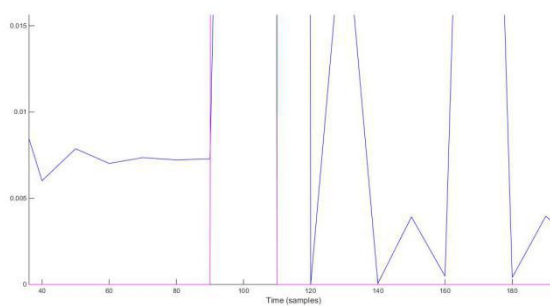
-onset 3



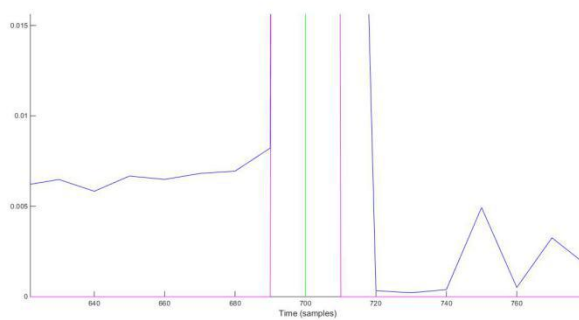
Data x16,
Plot output jaringan :



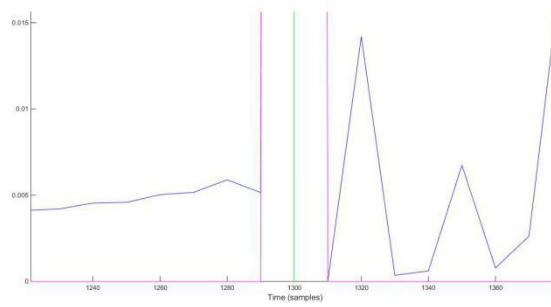
Plot hasil deteksi onset :
- onset 1



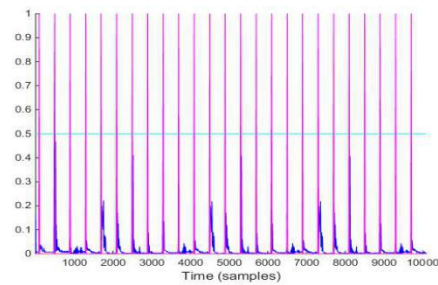
- onset 2



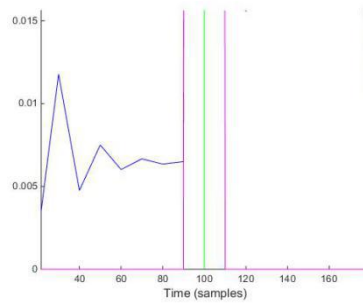
- onset 3



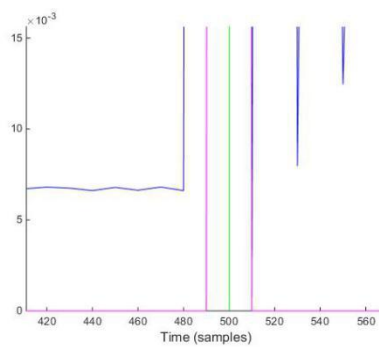
Data x21,
Plot output jaringan :



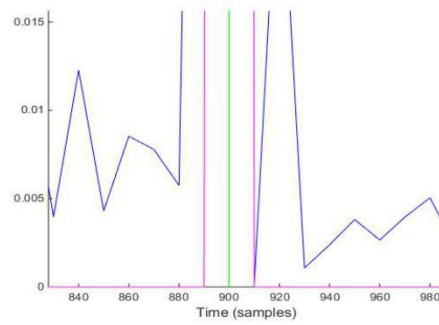
Plot hasil deteksi onset :
- onset 1



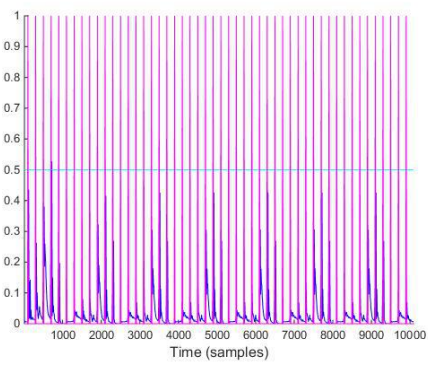
- onset 2



- onset 3

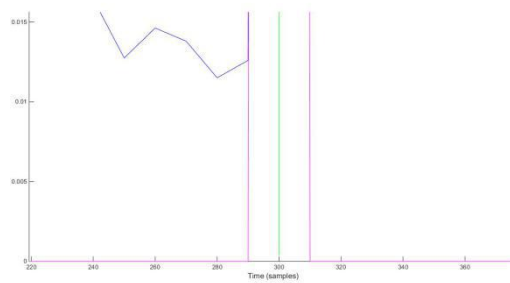


Data x26,
Plot output jaringan :

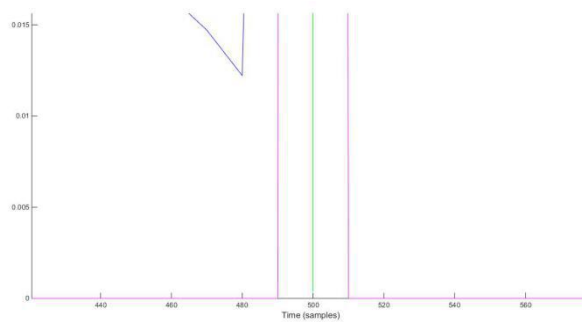


Plot hasil deteksi onset :

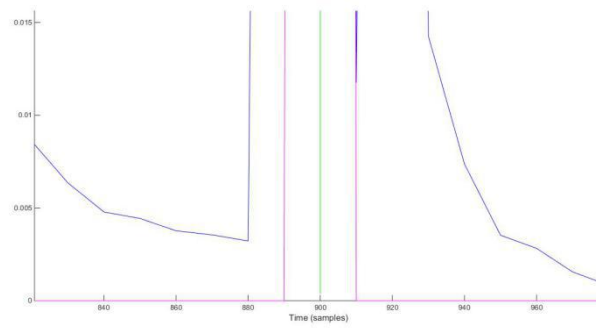
- onset 1



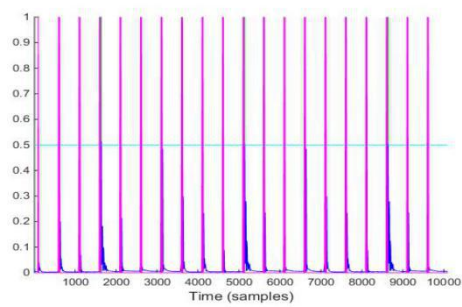
- onset 2



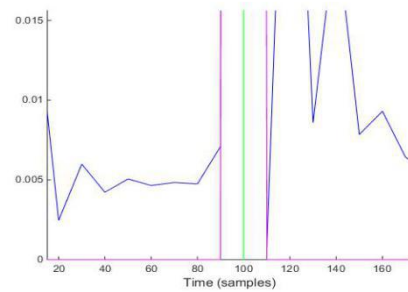
- onset 3



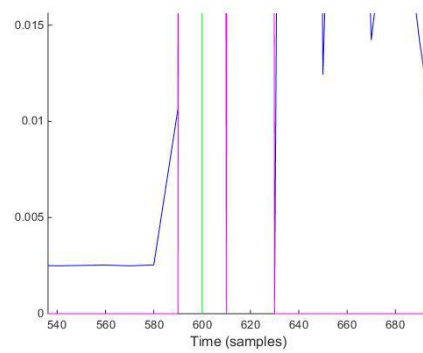
Data x31,
Plot output jaringan :



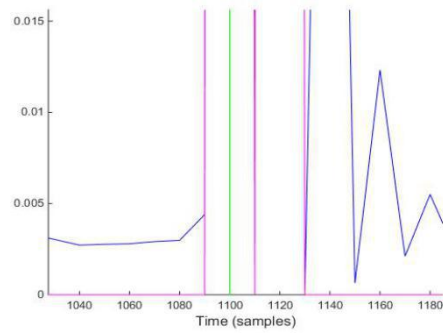
Plot hasil deteksi onset :
- onset 1



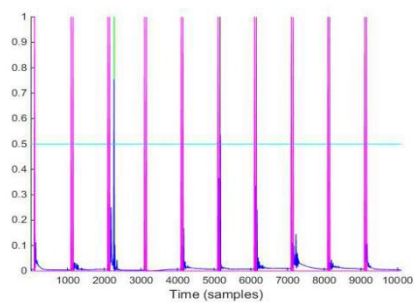
- onset 2



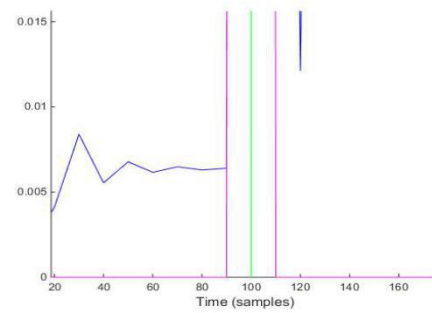
- onset 3



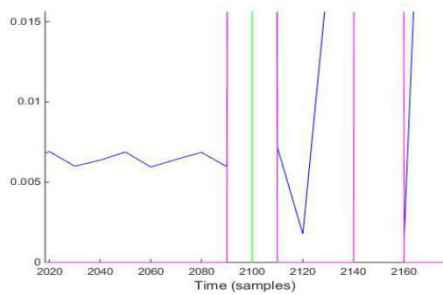
Data x42,
Plot output jaringan :



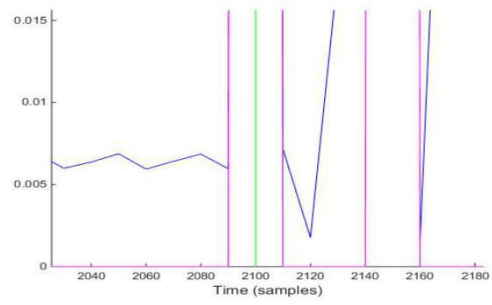
Plot hasil deteksi onset :
- onset 1



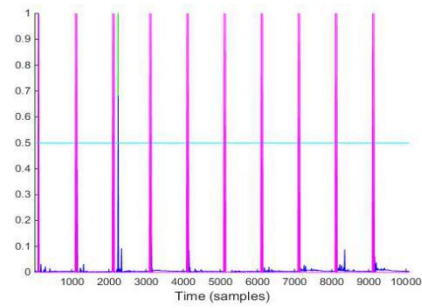
- onset 2



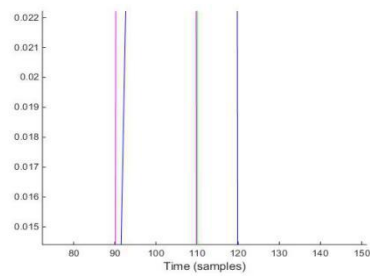
- onset 3



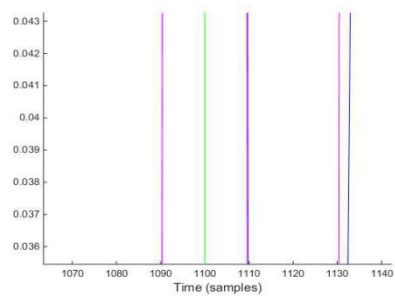
Data x47,
Plot output jaringan :



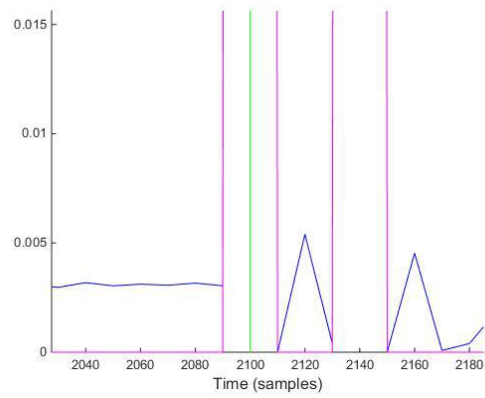
Plot hasil deteksi onset :
- onset 1



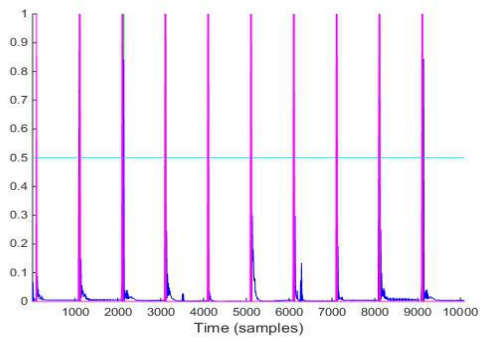
- onset 2



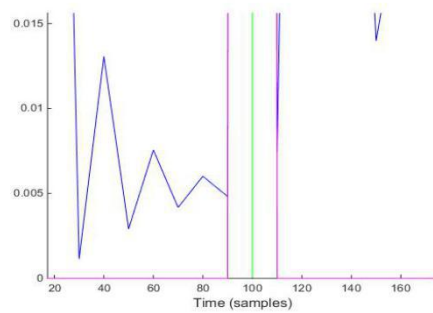
- onset 3



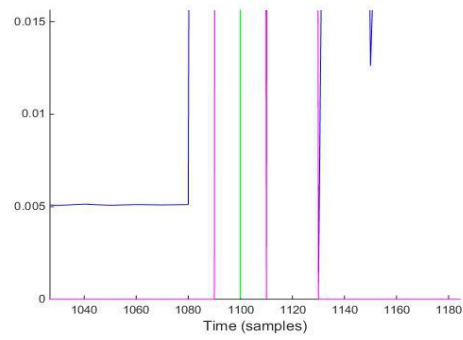
Data x52,
Plot output jaringan :



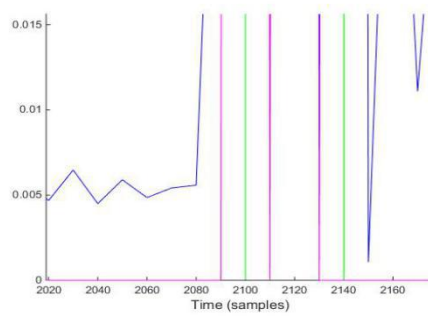
Plot hasil deteksi onset :
- onset 1



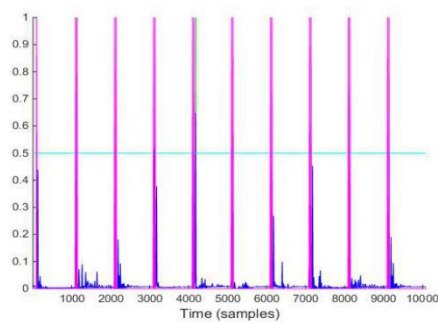
- onset 2



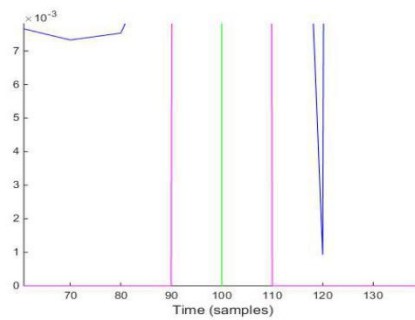
- onset 3



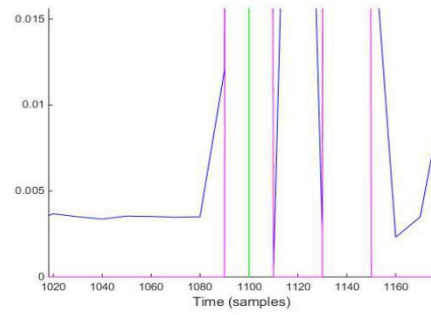
Data x89,
Plot output jaringan :



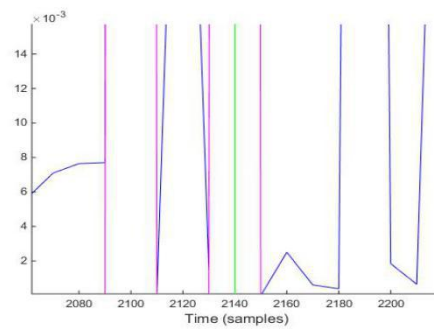
Plot hasil deteksi onset :
- onset 1



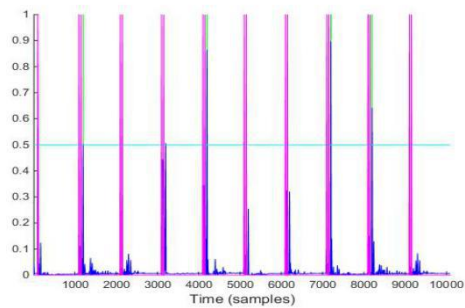
- onset 2



- onset 3

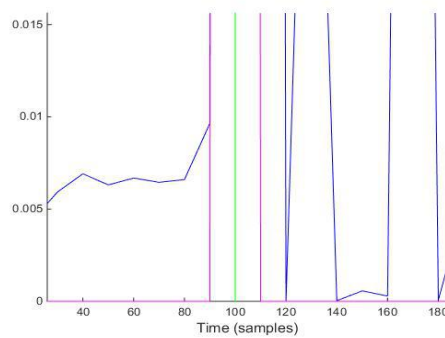


Data x90,
Plot output jaringan :

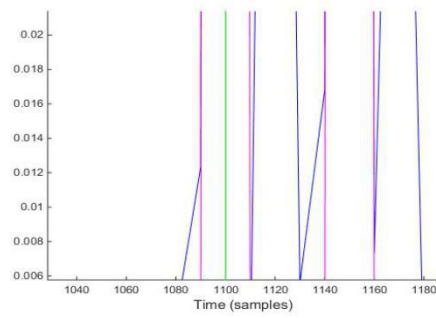


Plot hasil deteksi onset :

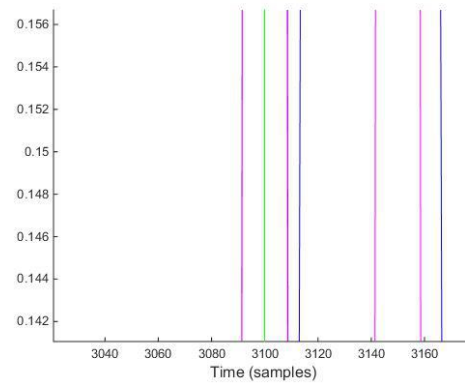
- onset 1



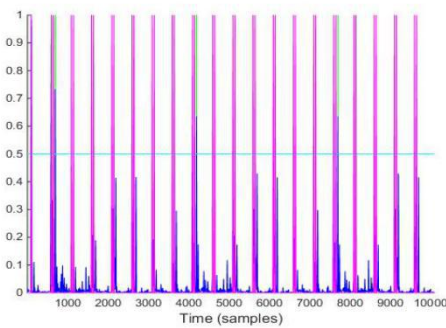
- onset 2



- onset 3

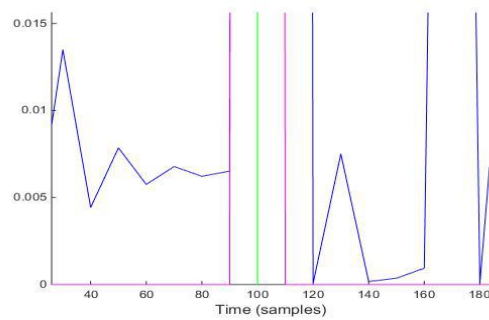


Data x93,
Plot output jaringan :

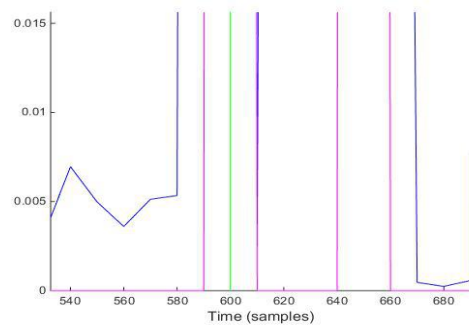


Plot hasil deteksi onset :

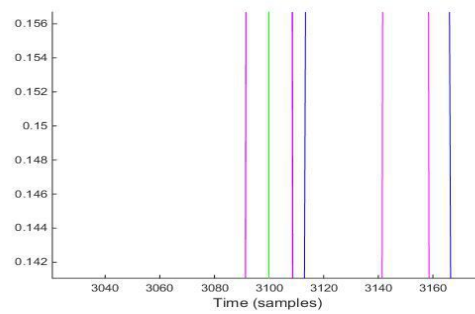
- onset 1



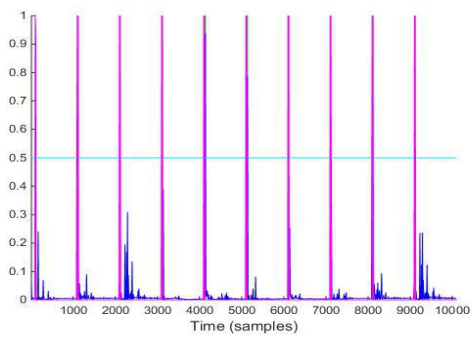
- onset 2



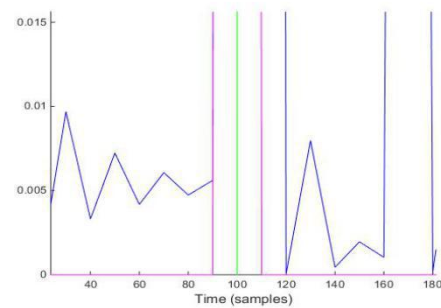
- onset 3



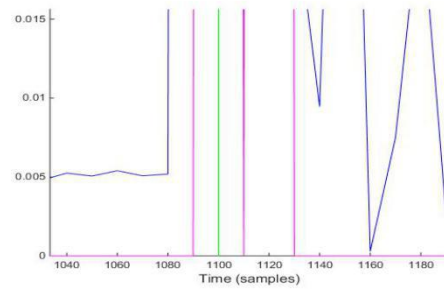
Data x94,
Plot output jaringan :



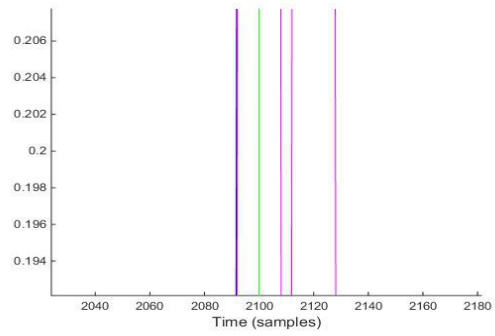
Plot hasil deteksi onset :
- onset 1



- onset 2



- onset 3



LAMPIRAN HASIL SPECTRAL FLUX

Tabel 1 Kinerja Metode Spectral Flux pada data kelompok 1

No	Nama Data	Instrumen	NTP	NFP	NF N	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x6 - Saron Slendro	Saron	8	2	0	80	100	88.8
2	x11 - Saron Slendro	Saron	17	3	0	85	100	91.8
3	x16- bonang pelog	Bonang	14	3	0	82	100	90.1
4	X21-demung slendro	Demung	8	2	0	80	100	88.8
5	X-26 peking slendro	Peking	9	1	0	90	100	94.7

Tabel 2 Kinerja Metode Spectral Flux pada data kelompok 2

No	Nama Data	Instrumen	NTP	NFP	NF N	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x31 - Saron Pelog	Saron	17	3	0	80	100	91.8
2	x42 - Saron Pelog	Saron	8	2	0	80	100	88.8
3	X47- bonang pelog	Bonang	6	4	0	60	100	75
4	X52-demung slendro	Demung	8	2	0	70	100	88.8
5	X58- peking slendro	Peking	7	3	0	70	100	82.3
6	X105- bonang pelog	Bonang	5	5	0	50	100	66.6

Tabel 3 Kinerja Metode Spectral Flux pada data kelompok 3

No	Nama Data	Instrumen	NTP	NFP	NF N	P	R	<i>F-Measure</i>
1	x62	Demung Slendro, Saron Slendro	16	4	0	80	100	88.8
2	x67	Saron Slendro, Peking Slendro	9	1	0	90	100	94.7

No	Nama Data	Instrumen	NTP	NFP	NF N	P	R	<i>F-Measure</i>
3	X78	Demung Slendro, Peking Slendro	16	3	1	84.2	94.1	88.8
4	X83	Saron Pelog, Bonang Pelog	15	5	0	75	100	85.7
5	X88	Saron Slendro, Bonang Pelog	17	3	0	85	100	91.8
6	X89	Saron Slendro, Bonang Pelog	8	1	1	88.8	88.8	88.8
7	X90	Saron Slendro, Bonang Pelog	7	3	0	90	100	82.3
8	X93	Demung Slendro, Bonang Pelog	7	3	0	70	100	82.3
9	X94	Demung Slendro,. Bonang Pelog	7	3	0	70	100	82.3
10	X98	Peking Slendro, Bonang Pelog	8	2	0	80	100	88.8

Tabel 4 Perbandingan Selisih F-measure Metode Elman dengan Spectral Flux

No	Nama Data	Instrumen	Spectral Flux <i>F-Measure</i>	Elman Mel <i>F-Measure</i>	Selisih
1	x6 - Saron Slendro	Saron	88.8	100	11.2
2	x11 - Saron Slendro	Saron	91.8	100	8.2
3	x16- bonang pelog	Bonang	90.1	87.4	-2.7

No	Nama Data	Instrumen	Spectral Flux <i>F-Measure</i>	Elman Mel <i>F-Measure</i>	Selisih
4	X21-demung slendro	Demung	88.8	98	9.2
5	X26- peking slendro	Peking	94.7	98.9	4.2
6	x31 - Saron Pelog	Saron	91.8	92.3	-0.5
7	x42 - Saron Pelog	Saron	88.8	95	6.2
8	X47- bonang pelog	Bonang	75	68.7	-6.3
9	X52-demung slendro	Demung	88.8	90.5	1.7
10	X58- peking slendro	Peking	82.3	94.9	12.6
11	X105- bonang pelog	Bonang	66.6	62.1	-4.5
12	x62	Demung Slendro, Saron Slendro	88.8	95	6.2
13	x67	Saron Slendro, Peking Slendro	94.7	96.3	1.6
14	X78	Demung Slendro, Peking Slendro	88.8	100	11.2
15	X83	Saron Pelog, Bonang Pelog	85.7	94.7	9
16	X88	Saron Slendro, Bonang Pelog	91.8	95	3.2
17	X89	Saron Slendro, Bonang Pelog	88.8	95	6.2

No	Nama Data	Instrumen	Spectral Flux <i>F</i> - <i>Measure</i>	Elman Mel <i>F</i> - <i>Measure</i>	Selisih
18	X90	Saron Slendro, Bonang Pelog	82.3	83.7	1.4
19	X93	Demung Slendro, Bonang Pelog	82.3	79.4	-2.9
20	X94	Demung Slendro,. Bonang Pelog	82.3	85.7	3.4
21	X98	Peking Slendro, Bonang Pelog	88.8	89.2	0.4

BIODATA PENULIS



I. DATA PRIBADI

Nama lengkap : Dian Kartika Sari

Tempat,Tanggal Lahir : Lumajang, 7 Januari 1993

Alamat : Jl. Mayjend Soekartiyo, Gg. Kertogangsir 4,
Yosowilangun Kidul, Lumajang

Agama : Islam

Email : dii.dians@gmail.com

II. RIWAYAT PENDIDIKAN

SD : SD Negeri Munder 1

SMP : SMP Negeri 1 Yosowilangun

SMA : SMA Negeri 2 Lumajang

D4 : Politeknik Elektronika Negeri Surabaya